





Teil A **15**

Dipl. – Ing. Walter Haase
Dipl. – Ing. Bernd Grille

Projektierung von VEM audatec Großverbundsystemen für verfahrenstechnische Prozesse

Chloranlage
Eindicker II
Eindicker III
Nachklärung
aerobe Stabilisierung
Belebung
Gebläsestation
Zentrifugenstation
Pumpstation I
Eindicker I
Vorklärung
Gasanlagen
Gasspeicher
Fällmittelstation
Schaltanlage
Sandfang
Faulbehälter
Wärmezentrale
Schlammerwärmung
Pumpstation II
Rechenanlage
Betriebs- und Sozialgebäude

Projektierung von audatec-Großverbundsystemen für verfahrenstechnische Prozesse (Teil A)
- ein Applikationsbeispiel -

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Walter Haase, KDT
Dipl.-Ing. Bernd Grille, KDT

VEB Geräte- und Regler-Werke "Wilhelm Pieck" Teltow
Betrieb des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau

Herausgeber: Betriebssektion der Kammer der Technik
und Zentrale Informationsstelle des
VEB Geräte- und Regler-Werke "Wilhelm Pieck" Teltow
Betrieb des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau

Lektor: Dr.-Ing. H. Franke, KDT
Dipl.-Ing. R. Schönemann, KDT

Redaktionsschluß: 31. 3. 1986

Ag 238/263/85 525/12/85 I-3-2

Inhaltsverzeichnis (Teil A)

Inhaltsverzeichnis (Teil B) Seite

0. Einleitung und Problemstellung

Die Entwicklung der Automatisierungstechnik in der DDR wird ab 1986 durch den stark wachsenden Anteil an Mikrorechnerautomatisierungssystemen (MR- AS) und deren Breiteneinführung in die industrielle Praxis bestimmt. Ein weiteres kennzeichnendes Merkmal ist das Vordringen dieser Technik in neue Anwenderbereiche der Volkswirtschaft. Das Prozeßleitsystem audatec des VEB GRW Teltow nimmt unter den verfügbaren Systemen im Bereich der Automatisierung stoffwirtschaftlicher Verfahren eine dominierende Stellung ein. Mit seinem Einsatz verbinden sowohl Anwender als auch Hersteller große Erwartungen an effizientere Automatisierungslösungen.

Die bei Erstanwendungsfällen mit dem System audatec gewonnenen Erfahrungen weisen jedoch übereinstimmend aus, daß das vorhandene Funktionspotential nicht "von selbst" in höhere Effizienz umsetzbar ist. Die praktizierte Projektierungsmethodik bedarf grundlegender Veränderungen. Die Einsatzvorbereitung muß deshalb auf ein dem höheren Funktionsniveau adäquates Entwurfsniveau angehoben werden. Dies verlangt von allen an der Investition beteiligten Partnern eine höhere Qualifikation und neue Formen kooperativer Zusammenarbeit.

Die vorliegende Schrift vermittelt Erfahrungen, die bei der Einsatzvorbereitung und Realisierung einer der ersten industriellen Anwendungen des Prozeßleitsystems audatec in der Ausführungsvariante Großverbund gewonnen wurden.

Die Auswahl wurde so gestaltet, daß die methodischen Zusammenhänge besonders solchen Anwendern vermittelt werden, die noch nicht über genügend eigene Erfahrungen beim audatec-Einsatz verfügen.
Die methodischen Leitlinien des Heftes sind an folgender Konzeption orientiert:

- Überblick über die kennzeichnenden systemtechnischen Merkmale und Eigenschaften des Prozeßleitsystems audatec aus der Sicht seiner Anwendbarkeit für die Automatisierung in verfahrenstechnischen Anlagen
- Leistungsumfang und Dimensionierungsprobleme
- Bedeutung der Planungsphase als ausschlaggebende Etappe für das Systemkonzept und die spätere Effizienz des Vorhabens
- problemorientierte Darstellung der wichtigsten Arbeitsphasen der Einsatzvorbereitung, Ausführungsprojektierung und kooperativen Zusammenarbeit beim Entwurf eines audatec-Großverbundsystems
- Verfolgen von Einzelschritten innerhalb des Gesamtdurchlaufs an Einsatzbeispielen
- deduktive Ableitung von Erkenntnissen und Schlußfolgerungen aus dem vorliegenden exemplarischen Anwendungsfall für den Entwurf von audatec-Anlagen
- Darstellung der durch die audatec-Anwendung erzielbaren volkswirtschaftlichen Effekte.

Der sehr komplexe Stoffumfang der gewählten Thematik läßt die Darstellung von Grundlagen nur begrenzt zu. Die Verfasser stützen sich deshalb auf die im Literaturverzeichnis angegebenen Schriften der KDT-Reihe "Automatisierungstechnik". Systemspezifische Entwurfsgrundlagen sind Gegenstand des Projektierungsvorschriftenwerks /23/ des VEB GRW Teltow.

Drucktechnische Belange erforderten die Stoffunterteilung auf zwei Druckschriften. Der vorliegende Teil A behandelt in einem Überblick die Systemeigenschaften des audatec-Systems in der Ausführungsvariante Großverbund unter dem Aspekt seiner Anwendbarkeit auf das gewählte technologische Verfahren. Nach einer kurzen Darstellung des Automatisierungsobjektes werden die Automatisierungsziele abgeleitet und der Einsatz eines Prozeßleitsystems begründet. Der Abschnitt 4 im Teil A befaßt sich mit organisatorischen Problemen der Einsatzvorbereitung eines Großverbundsystems am Beispiel des gewählten Einsatzfalles und behandelt die im Rahmen der Automatisierungskonzeption zu lösenden Entwurfsprobleme.

Im Teil B dieser Druckschrift werden danach eine Reihe von Lösungsbeispielen aus dem Anwendungsfall vorgestellt.

1. Begriffserläuterungen

Die Erläuterung einiger wichtiger Verständigungsbegriffe soll dem mit der Prozeßleittechnik noch weniger vertrauten Anwender den Stoffüberblick erleichtern. Einige der verwendeten Begriffe aus dem sich sehr dynamisch entwickelnden Sachgebiet werden gegenwärtig noch uneinheitlich oder synonym verwendet. Umfassendere Darstellungen finden sich u. a. in /1/ bis /5/.

audatec ® -

Rechtlich geschütztes Warenzeichen für das Erzeugnis →Prozeßleitsystem (PLS) audatec des VEB GRW Teltow.

Anlagenkonfigurator, Konfigurator -

Schematische Darstellung der für eine automatisierte Anlage anwendungsbezogen entworfenen Instrumentierungsstruktur aus → Funktionseinheiten (FE), Systembus und → Datenperipherie (DP) des audatec-Systems.

Anwenderprogramm -

Firmeigene software zur Realisierung der Anwenderfunktionen. Das Anwenderprogramm wird überwiegend aus konfektionierten →Basismodulen (BM) objektabhängig →strukturiert.

Basiseinheit (BSE) -

Intelligente →Funktionseinheit (FE) des audatec-Systems zur autarken dezentralen Informationsverarbeitung der Automatisierungsfunktionen Messen, Steuern, Regeln.

Basisstation (BS) -

Bauhülle zur Unterbringung von →Basiseinheiten (BSE) und zugehörigen Prozeßkoppeleinrichtungen (lokale Automatisierungsinsel).

Datenperipherie (DP) -

Zur Datenein- und -ausgabe, Inbetriebnahme, Wiederinbetriebnahme, Datensicherung, -speicherung u. a. an das →Prozeßleitsystem (PLS) audatec anschließbare Einrichtungen.
Standardausrüstung: Seriendrucker (SD), Lochbandleser (LBL), Lochbandstanzer (LBS), Kassettenmagnetbandgeräte (KMBG).

Datenträger (objektabhängige) -

Bei der → Strukturierung am Strukturierarbeitsplatz auf Magnetbandkassetten oder Lochbändern herausgegebenes → Anwenderprogramm.

Fahrstand (FS) -

Anordnung von audatec → Funktionseinheiten (FE), Pulten, Beistellgefäßen, → Datenperipherie (DP) des Wartenbereichs zur Prozeßführung der automatisierten Gesamtanlage oder begrenzter verfahrenstechnischer Teilanlagen innerhalb eines →Leitstands.

Fehlertoleranz -

Eigenschaft eines Systems, seine Funktion auch dann aufrechtzuerhalten, wenn in ihm Fehler oder Ausfälle vorliegen. In PLS ist die Fehlertoleranz nur durch geeignete Redundanzmaßnahmen erreichbar.

Firmware -

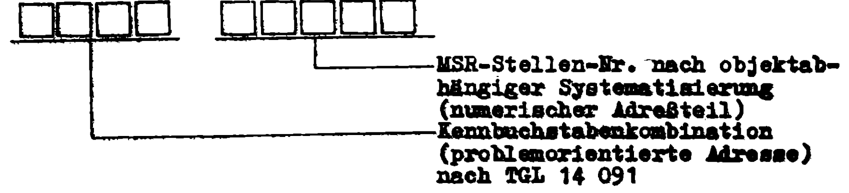
Programmversorgung des → Prozeßleitsystems (PLS) audatec. Es besteht aus der firmeigenen Software des Betriebssystems und der → Anwenderprogramme.

Funktionseinheit (FE) -

Aus Einzelelementen (Modulen, Baugruppen, Zubehör) bestehende funktionell und konstruktiv aufgerüstete Einrichtung. Sie erfüllt abgegrenzte Funktionen auf dezentralen (z. B. BSE) oder zentralen (z. B. PSR) Steuerungs- und Überwachungsebenen des audatec-Systems.

Kommunikationsstelle (KOMS) -

Wichtigster Grundbegriff für das Wirkprinzip der Mensch-Maschine-Kommunikation im → PLS audatec. Die KOMS ist ein elementarer Kommunikations"modul" für den direkten Zugriff (Dialog) des Anlgenfahrers auf ein durch Softwarefunktionen im Leitstand abgebildetes begrenztes Teilsystem des technologischen Prozesses. Im PLS audatec werden 6 konfektionierte KOMS-Grundtypen angeboten /12/, in denen sich die jeweils optimale Kommunikationsfunktion → strukturieren läßt. Im Sinne des angestrebten Kommunikationszieles kann als KOMS eine MSR-Stelle, eine hierarchisch strukturierte Steuerungsfunktion (z. B. Funktionsgruppe als Kaskadenregelkreis, Taktkettensteuerung) aber auch ein interner durch Prozeß- oder Systemkommunikation zugänglicher Speicherbereich zur Ablage von Zwischenergebnissen bei Bilanzierungs- oder Kenngrößenberechnungen definiert werden. Die KOMS erhält systembedingt eine Adresse mit einer Gesamtlänge von 9 Zeichen:



Da jede strukturierte KOMS einen festen Speicherbereich belegt, ist es für die Systemdimensionierung besonders bei Annäherung an Systemgrenzen wichtig, KOMS zweckmäßig zu projektieren.

Konfigurieren (Hardwareauswahl) -

Entwerfen der für ein anwendungsbezogenes audatec-System benötigten → Funktionseinheiten (FE), → Datenperipherie (DP), Bussystem und deren Zusammenstellung im → Anlagenkonfigurator.

MASTER -

→ Funktionseinheit (FE) des audatec-Systems, die im Rahmen der Datenorganisation die MASTER-Funktion übernehmen kann. MASTER-FE sind: DSS, PSR, BSE-R, KE-WR, IBG (vergl. Bild 8).

Modul, Basismodul (BM) -

Hard- oder Softwarebaustein des modular aufgebauten audatec-Systems. Systemelement zur → Konfigurierung (Baugruppe, Karte, Zubehör) der → Funktionseinheiten (FE) oder → Strukturierung (Programmbaustein, Basismodul (BM) der Softwareprogramme.

Parametrieren -

Zuweisen eines anwendungsbezogenen Wertes (z. B. Betrag eines Grenzwertes) in —► Basismodulen (BM). Parametersätze stehen grundsätzlich in Operativspeichern (RAM) und sind somit jederzeit änderbar.

Prozeßleitstand, Leitstand -

Zentraler Wartenbereich eines audatec —► Prozeßleitsystems (PLS) zur Prozeßführung der automatisierten Gesamtanlage oder großer verfahrenstechnischer Teilanlagen mit einem bis vier —► Fahrständen (FS), in denen sich Bedienplätze mit einem oder mehreren Pulten befinden.

Prozeßleitsystem (PLS) -

Teil des Mikrorechner-Automatisierungssystems (MR-AS), das die Automatisierungsfunktionen in der dezentralen Verarbeitungsebene und den Leitebenen realisiert.

Softwareversion 2 -

Das im beschriebenen Einsatzfall verwendete —► Firmwareprogramm ist ein im Vergleich zur Softwarebasis der Nullserie weiterentwickeltes Softwareprogramm. Es zeichnet sich vor allem durch eine bedeutend effizientere Lösung von Binärsteuerungsaufgaben und deren Prozeßführung im —► Leitstand aus.

Strukturieren (Arbeitsschritte der Projektierung) -

Auswahl und Verknüpfung konfektionierter, und falls erforderlich, objektbezogen entworfener —► Anwendermodule des audatec-Systems zu Verarbeitungsketten (Entwerfen der —► Anwenderprogramme als Strukturpläne) und Implementierung der —► konfigurierten, strukturierten und —► parametrierten —► Funktionseinheiten (FE) und Daten in das objektbezogene —► Anwenderprogramm einer audatec-Anlage am Strukturierrechner.
Ergebnis: —► Datenträger zur Realisierung der Anwenderprogramme.

Subsystem (SUB) -

Zu einem gemeinsamen autonomen Datenverbund eines —► Prozeßleitsystems (PLS) audatec gehörende Konfiguration (Hardwareaufrüstung) mit maximal 4 —► Fahrständen (FS), 20 —► Basiseinheiten (BSE) und 12 —► MASTER-Funktionseinheiten. Die Kopplung mehrerer Subsysteme ist über einen Koppelrechner (z. B. WR K 1630) realisierbar.

2. audatec-Großverbundsysteme
- Charakteristik und Systemeigenschaften -

2.1. Begriffsbestimmung

Das Automatisierungssystem audatec ist ein dezentrales Mikrorechnerautomatisierungssystem (MR-AS) mit verteilter Intelligenz. Als synonyme Bezeichnung für Systeme dieser Art werden auch die Begriffe verteilte oder Prozeßleitsysteme (PLS) verwendet. audatec ist ein PLS für verfahrenstechnische Anlagen mit einem flexiblen Anwenderspektrum. Das Systemkonzept läßt ein breites Toleranzfeld von Modifikationen und Ausbaustufen zu und ist damit an Automatisierungsaufgaben der unteren Mittelklasse (Automatisierungsumfang etwa 100 bis 150 MSR-Stellen) bis zur Großautomatisierung anpaßbar. In der vorliegenden Schrift wird der Applikationsfall eines Großverbundsystems (auch Großverbundanlage GVA)

behandelt. GVA sind audatec-Systemvarianten zur Automatisierung großer verfahrenstechnischer Systeme. Zu einer GVA gehören ein oder mehrere Subsysteme mit je einem oder mehreren Prozeßleitständen.

2.2. Charakteristik

Für den im Applikationsbeispiel behandelten Einsatzfall waren für die Wahl des audatec-Systems die folgenden Systemmerkmale ausschlaggebend /7/ bis /11/:

2.2.1. Prinzip der funktionell dezentralen Informationsverarbeitung

Das im Anlagenfeld der technologischen Anlage verteilte Rechnernetzwerk übernimmt in den Basiseinheiten (BSE) die digitale serielle Informationsverarbeitung der Automatisierungsgrundaufgaben. Die in Basisstationen untergebrachten BSE' arbeiten im Rahmen des Rechnerverbundes als unabhängige autarke Automatisierungsinseln. Die Automatisierungsfunktionen werden durch die in den MRS ablaufende Firmwareprogramme des VEB GRW Teltow realisiert.

Dem Programm des vorliegenden Applikationsbeispiels liegt die im Vergleich zur Nullserie weiterentwickelte Softwareversion 2 des Systems audatec zugrunde. Im Rahmen der Hard- und Softwareleistungsgrenzen ist in jeder BSE die Kopplung von Aufgaben der Meßwertverarbeitung, Regelung und Binärsteuerung möglich. Durch die Zuordnung der von der zu automatisierenden Anlage ausgehenden Automatisierungsaufgaben auf die in ihrer Einzelkapazität begrenzt leistungsfähigen BSE' kommt es zu einer funktionellen Aufgabenaufteilung (Dezentralisierung), in der sich die Struktur des verfahrenstechnischen Systems abbilden läßt.

2.2.2. Prinzip der seriellen Datenübertragung

Der Datenverkehr zwischen den BSE' und dem Prozeßleitstand des Automatisierungssystems wird durch einen seriell arbeitenden, kabelsparenden Systembus (Koaxialkabel) abgewickelt.

2.2.3. Prinzip der topologischen Systemgestaltung

In Großsystemen mit ausgedehnten Anlagenfeldern lassen sich neben der funktionellen Dezentralisierung der Informationsverarbeitungsaufgaben die Basisstationen auch lokal so dezentralisieren, daß die zum Anschluß der Sensoren und Aktoren an die BSE erforderliche Verkabelungssternstruktur minimiert wird. Die Gesamtbuslänge ist auf 3000 m begrenzt.
Bild 1 a zeigt das Prinzip.

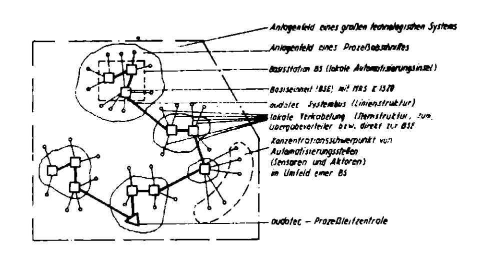


Bild 1 a: Prinzip topologische Systemgestaltung

2.2.4. Prinzip der funktionell-hierarchischen Systemgestaltung

Zu den wichtigsten Systemmerkmalen eines MR-AS gehört sein hierarchisch gestaltbarer Systemaufbau in Automatisierungsebenen. Bild 1 b zeigt das Prinzip am Beispiel des betrachteten Einsatzfalls. In den einzelnen Ebenen werden folgende Automatisierungsaufgaben realisiert:

- Prozeßebene (0) (Prozeßnahe Ebene)
  Informationsgewinnung und -ausgabe mit Sensoren und Aktoren. (Kein Unterschied zu konventionellen Systemen).
- lokale Handsteuerebene (1)
  Eingriff mit lokalen Befehls- oder Reparaturschaltern bei Notfällen oder Reparatur. Anwendungsfall vorwiegend in industriellen Antriebssteuerungssystemen.
- Ebene lokale Rangierverteiler (2)
  Aufbau von Rangierverteilern und redundanten Funktionseinrichtungen für Sicherheits- und Schutzfunktionen.
- dezentrale Verarbeitungsebene (3)
  Funktionell dezentrale Verarbeitung der Automatisierungsgrundaufgaben (vergl. Abschn. 2.2.1.)
- Prozeßleitebene (4)
  Leitebene 4 a:
  Realisierung der normalen audatec-MMK in der Bildschirmwarte (vergl. Abschn. 2.2.5.)

  Leitebene 4 b (dezentrale Koordinierungsebene)
  Realisierung anspruchsvollerer Automatisierungsaufgaben mit Hilfe des buskoppelbaren Wartenrechners WR K 1520

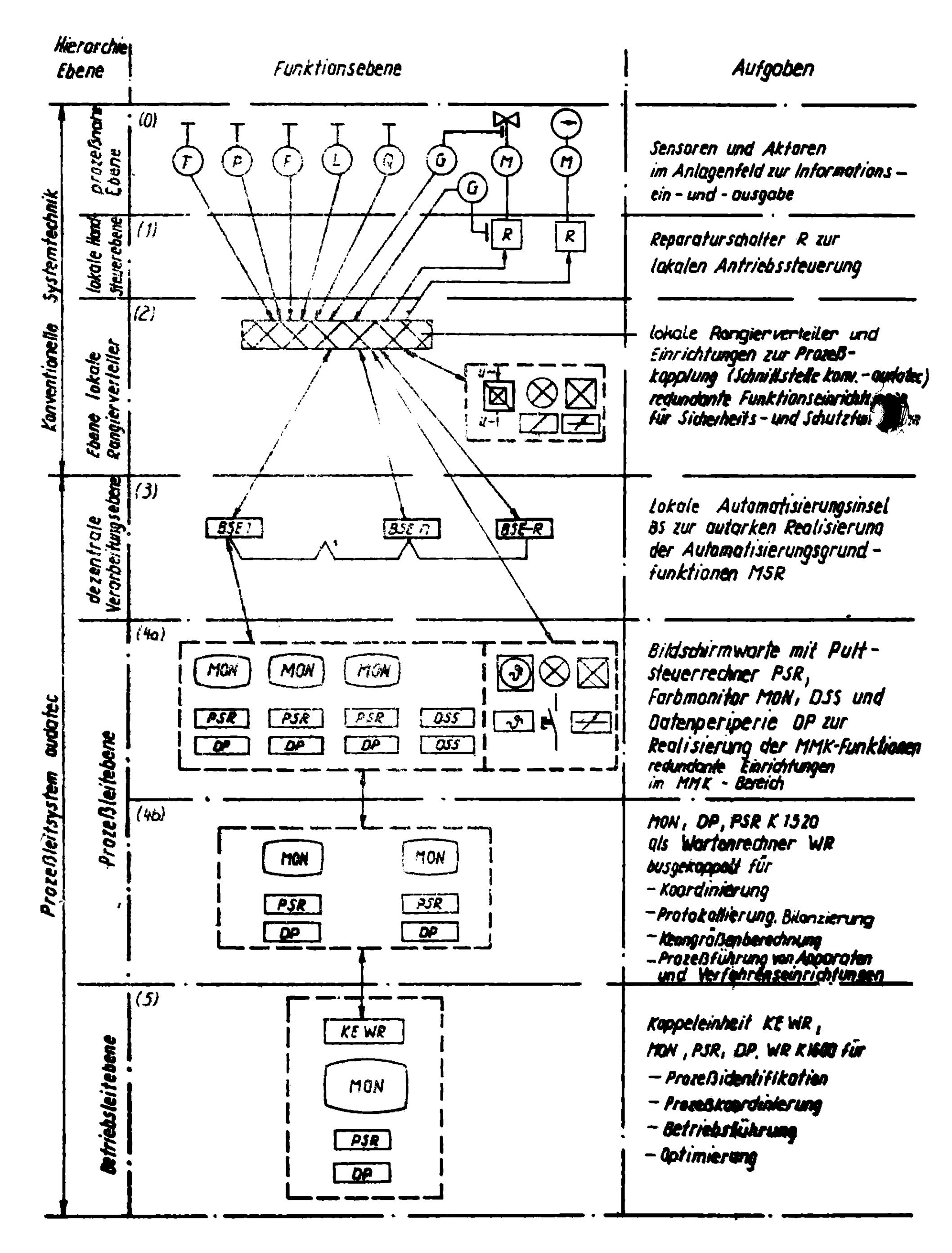


Bild 1b Prinzip der funktionell-hierarchischen Systemgestaltung im Einsatzbeispiel

- Betriebsleitebene (5) (zentrale Koordinierungsebene) Realisierung von Automatisierungsaufgaben auf hohem Funktionsniveau mit leistungsfähigen MRS oder Prozeßrechnern. (Im betrachteten Beispiel: für eine spätere Ausbaustufe nachrüstbar)

2.2.5. Prinzip der seriellen und hierarchischen Informationsdarstellung /12/

Den MMK-Funktionen im Prozeßleitstand des audatec-Systems liegt folgende Bedienphilosophie zugrunde:

- Hierarchische Stufung des Informationsangebotes von der Übersichtsinformation zur Detaildarstellung in unterschiedlichen Bildebenen
- Prioritätsstaffelung der Informationsbedeutung durch hierarchisch abgestufte Farbdarstellung in den Vorzugsfarben
  cyan höchste Alarmstufe, Schaltfunktion
  rot Alarmstufe hoch
  gelb Alarmstufe Warnung
  grün normales Systemverhalten

Bild 1 c zeigt das am Beispiel der behandelten GVA gewählte Prinzip.

Wegen des im betrachteten System sehr umfangreichen Informationsangebotes ist eine Aufteilung der Verarbeitungsaufgaben auf mehrere Pultanordnungen notwendig.

- Die Aufgaben Übersichts- (ÜD), Gruppen- (GD) und Leit-KOM-Darstellung (LKD) werden sequentiell auf einem Bildschirm (1) abgerufen. Die Aufgabe Alarmdarstellung (AD) ist einem vorzugsweise dieser Aufgabe zugewiesenen Bildschirm (2) vorbehalten. Zur Darstellung technologischer Fließbilder (FD) wurde im betrachteten Anwendungsfall ein speziell für diese Aufgaben strukturiertes Pult entworfen (3). Die Aufgaben ED und WRD (Wartenrechnerdarstellung) werden von je einem Bildschirm übernommen (4) und (5). Bei voller Auslastung der GVA mit 1000 KOMS kann mit diesem Konfigurationsbeispiel ein hinreichend tiefes (Hierarchie) und breites (Parallelität) Informationsangebot gewährleistet werden. Die in großen Systemen aus Sicherheitsgründe notwendige Redundanz wird durch die redundante Auslegung der Pulte (1), (2) und (4) gewährleistet. Jedes dieser Pulte kann das gesamte im System strukturierte Standard-MMK-Programm übernehmen.

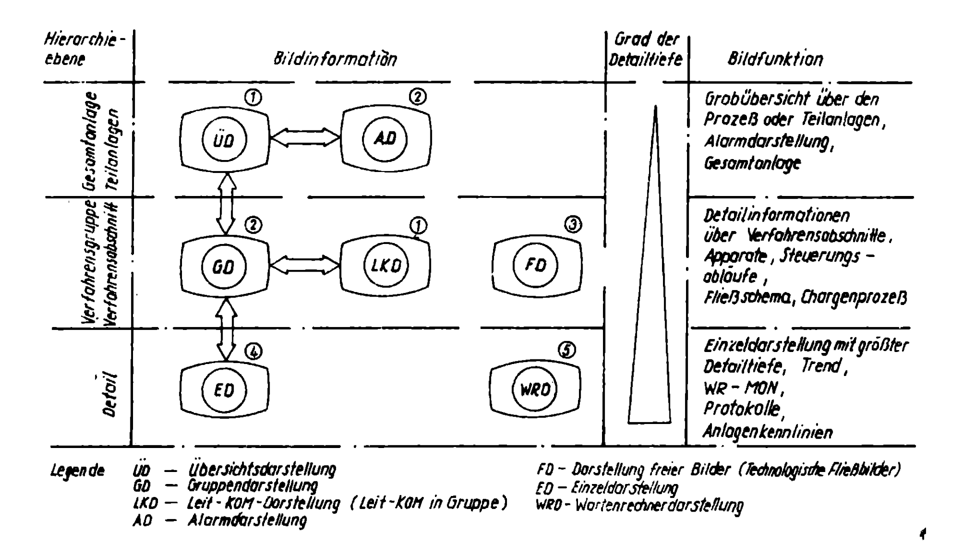


Bild 1 c: Prinzip der seriellen und hierarchischen Informationsdarstellung

2.2.6. Prinzip der MMK-Gliederung in Teilsysteme

Die Automatisierungsfunktionen Prozeßüberwachung und Prozeßbedienung (MMK) werden im PLS audätec in Prozeßleitzentralen realisiert. Zur strukturellen Anpassung an die erforderliche Anlagengliederung in einzelne Verfahrensabschnitte kann die GVA in zugehörige Teilsysteme untergliedert werden. Jedem Verfahrensabschnitt wird in diesem Fall ein Teilsystem von Kommunikationsstellen (auch redundant und mit Überschneidungen) und ein Fahrstand zur getrennten Prozeßführung zugeordnet (Bild 1 d).

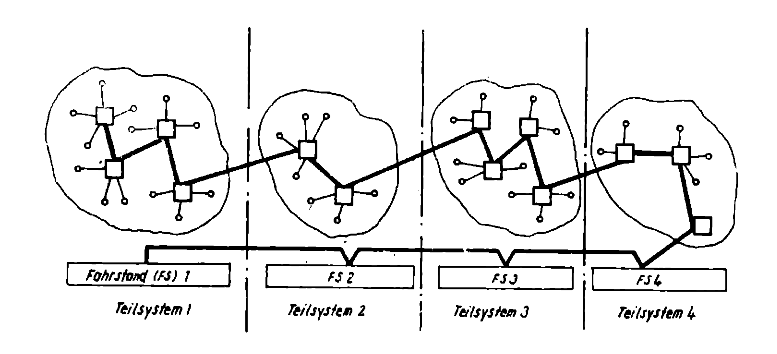


Bild 1 d: Prinzip audatec-Systemarchitektur einer Großverbundanlage GVA

2.3. Die Systemeigenschaften und ihre Anwendungsvorteile

Die für das Automatisierungskonzept der verfahrenstechnischen Anlage wichtigsten Systemeigenschaften einer audatec-GVA sind in Tafel 1 zusammengestellt.

Systemeigenschaft	Lösungsvorteil bei der GVA-Anwendung	Voraussetzungen für die Anwendbarkeit
Digitale serielle Prozeßdatenverarbeitung	- Verarbeitung großer Datenmengen in einer Einrichtung (BSE) - Verminderung der Geräteanzahl zur Informationsverarbeitung - Verarbeitung anspruchsvoller Automatisierungsfunktionen	- Akzeptanz der audatec-Zykluszeit von 1/3 s unter Echtzeitbedingungen - Akzeptanz nicht gegebener Fehlertoleranz. Lösung im Bedarfsfall durch Entwerfen redundanter Hard- und/oder Softwarestrukturen
modularer Systemaufbau	- Flexibilität gegenüber Funktionsanpassung - einfache Programmerweiterung - konfektioniertes Modulsortiment ohne Programmierkenntnisse strukturierbar	hinreichend großer Modulvorrat und bedarfsgerechte Angebotserweiterung

System-eigenschaft	Lösungsvorteil bei der GVA-Anwendung	Voraussetzungen für die Anwendbarkeit
funktionelle Dezentralisierung der Basisaufgaben (verteilte Inteligenz im prozeßnahen Bereich)	- Basisautomatisierung der Grundfunktionen läßt sich der Prozeßstruktur zuordnen - Risikominderung bei Ausfall einzelner BSE	- Anpassen der Automatisierungs- an die Prozeßstruktur - Entwerfen von Zuverlässigkeitsstrukturen
topologische Systemgestaltung	- lokale Dezentralisierung der BS in Konzentrationsschwerpunkten der Automatisierungsstellen - kabelsparend	Entwerfen der optimalen Topologiestruktur als Aufgabenanteil automatisierungsgerechter Anlagengestaltung
serielle Datenübertragung über Systembus	kabelsparend	störungsfreie Trassierung
Gliederung der MMK in Teilsysteme	anforderungsgerechte Anpassung der MMK-Funktionen an Prozeßabschnitte	- gründliches Vorausdenken der Bedienstrategie - Dekomposition in Teilsysteme
funktionell hierarchischer Systemaufbau in Automatisierungsebenen	- Aufgabenverteilung auf unterschiedliche Ebenen - Unabhängigkeit der einzelnen Ebenen - Lösung von Aufgaben der . Bilanzierung . Protokollierung . Kennwertberechnung . Optimierung . Betriebsführung - schrittweiser Systemausbau	- Vorausdenken des vollständigen Gesamtsystems in der Planungsphase - Entwerfen der Prozeßführungsstrategie - vorausschauende Bereitstellung des Informationshaushalts für alle Ebenen - Modellbereitstellung und Programmentwurf für übergeordnete Ebenen
serielle und hierarchische Informationsdarstellung	- rationelle Darstellung großer Informationsmengen - Unterstützung der Prozeßführung durch . Alarmdarstellung . Fließbilder . Datenperipherie . hierarchisch gestuftes Informationsangebot mit wählbarer Detailtiefe	- gründliches Vorausdenken der Bedienstrategie - Zuweisung der MMK-Aufgaben auf die einzelnen Fahrstände und Pulte

Tafel 1: Darstellung der Systemeigenschaften und Anwendervorteile (Grobübersicht) bei audatec-GVA

2.4. Signifikante Randbedingungen für die Systemplanung

Planung und Projektierung eines Automatisierungssystems werden im Rahmen des von allgemeinen Gesetzmäßigkeiten in Investitionsverordnungen bestimmten Ablaufs arbeitsteilig durchgeführt. In Anlehnung an /13/ sind formal folgende Arbeitsschritte zu durchlaufen

Phase	verantwortlich
Ausarbeitung der Aufgabenstellung (AST)	Auftraggeber (AG)
Erarbeitung eines verbindlichen Angebotes (Automatisierungskonzeption, Höchstpreisangebot)	Automatisierungsanlagenbau (AAB) (Kooperation mit AG)
Bestätigung der Grundsatzentscheidung	AG
Auftragserteilung	AG
Aufgabenstellung für das Ausführungsprojekt	AG
Projektierung	AAB
Realisierung	AAB

Tafel 2: Investitionsphasen nach /13/

Der für die jeweilige Investitionsphase inhaltlich und juristisch verantwortliche Partner ist in Tafel 2 angegeben.

Tafel 1 und 2 verdeutlichen, daß die unter formal getrennter Verantwortung ablaufenden Arbeitsschritte nur dann zu einer volkswirtschaftlich effizienten Automatisierungslösung führen können, wenn die Systemeigenschaften des PLS audatec optimal ausgenützt werden. Da sich das Wissen über das PLS durch die enge Verbindung zwischen Projektierung und Entwicklung, durch den Rückfluß von Einsatzerfahrungen und den Wissensvorlauf über die Systemweiterentwicklung trotz zunehmender Applikation stets beim Hersteller des PLS konzentriert, die Kenntnisse über das zu automatisierende Objekt andererseits beim Auftraggeber bzw. Betreiber vorliegen, sind zwei Voraussetzungen für eine effiziente Gesamtlösung zu erfüllen:

- Der jeweils andere Partner benötigt Mindestkenntnisse über das PLS bzw. über das Verfahren
- Die kooperative Zusammenarbeit ist über alle Arbeitsphasen hinweg zu organisieren. Durch die in der Folgezeit zu erwartende vollständige Integration der Automatisierung in das technologische System der Anlagen erhält dieser Aspekt eine immer größere Bedeutung.

Der folgende Abschnitt gibt deshalb einen Überblick über die technologische Anlage im betrachteten Applikationsfall.

3. Kommunale Abwasserreinigungsanlagen als Automatisierungsobjekte

3.1. Die technologische Anlage

Die Kläranlage Berlin-Nord ist eines der gegenwärtig bedeutendsten Umweltschutzvorhaben der DDR. Die Anlage ist eine kommunale mechanisch-biologische Abwasser- und Schlammbehandlungsanlage auf der Basis des Belebtschlammverfahrens. Die Bemessungsgrundlagen sind:

- Abwasserzulauf 250 000 m^3/d
- mittelbelastetes kommunales Abwasser
- vollbiologische Reinigung mit Phosphatelimination

Die erste Ausbaustufe der Anlage hat 1985 mit einer Teilleistung von 170 000 m^3/d ihren Betrieb aufgenommen. Der Endausbau mit einer Reinigungskapazität von 250 000 m^3/d wird 1987 erreicht /14/.

3.2. Verfahren der Abwasserreinigung

Moderne Kläranlagen gleichen in ihrer Konzeption und Prozeßführung großen verfahrenstechnischen Anlagen der Stoffwirtschaft. Das Verfahrensziel der Abwasser- und Schlammbehandlung wird durch mechanische Wirkprinzipien und Prozesse der chemischen und biologischen Stoffumwandlung realisiert. Von speziellen Modifikationen abgesehen lassen sich die Verfahrensabläufe in ein überwiegend anzutreffendes Grundschema einordnen. Es besteht aus prinzipiell vier zu einem komplexen Abwasserreinigungssystem miteinander verbundenen Verfahrensstufen. Die einzelnen Stufen werden durch technologische Einrichtungen und Prozeßabschnitte ergänzt, in denen Hilfsenergien bereitgestellt oder Prozeßwärme erzeugt und verwertet wird. Das Grundschema einer großen Anlage zeigt Bild 2. In den einzelnen Stufen und Prozeßabschnitten laufen in stark vereinfachter Darstellung die folgenden Verfahrensschritte ab:

Verfahrensstufe I

In dieser Stufe wird das über Abwasserpumpwerke (APW) zulaufende Abwasser von mitgeführten Grob- und Sinkstoffen gereinigt. Die Abscheidung der Grobstoffe erfolgt in Rechenanlagen (REC) durch mechanisches Abstreifen des Rechenguts. Durch Verringern der Abwasserfließgeschwindigkeit werden im Sandfang (SAN) Sande und absetzbare anorganische Partikel entfernt. Das Vorklärbecken (VK) hat die Aufgabe, die danach noch enthaltenen absetzbaren Feststoffe (Sink- und Schwimmstoffe) bei einer Verweilzeit von 1 bis 1,5 Stunden zu sedimentieren. Der abgesetzte Schlamm wird als Frischschlamm (FRS) der Schlammbehandlung zugeführt.

Verfahrensstufe II

Die Verfahrensstufe II ist der zentrale Prozeßabschnitt einer kommunalen Kläranlage. Das mechanisch vorgereinigte Abwasser wird in dieser Stufe nach dem klassisch aeroben (Belebungs-) Verfahren biologisch gereinigt. Die Stoffumwandlung der biologisch abbaubaren organischen Abwasserinhaltsstoffe in mineralische Endprodukte sowie CO_2, Wasser, Stickstoff- und Phosphatverbindungen erfolgt in einer Reihe komplex miteinander gekoppelter Einzelreaktionen

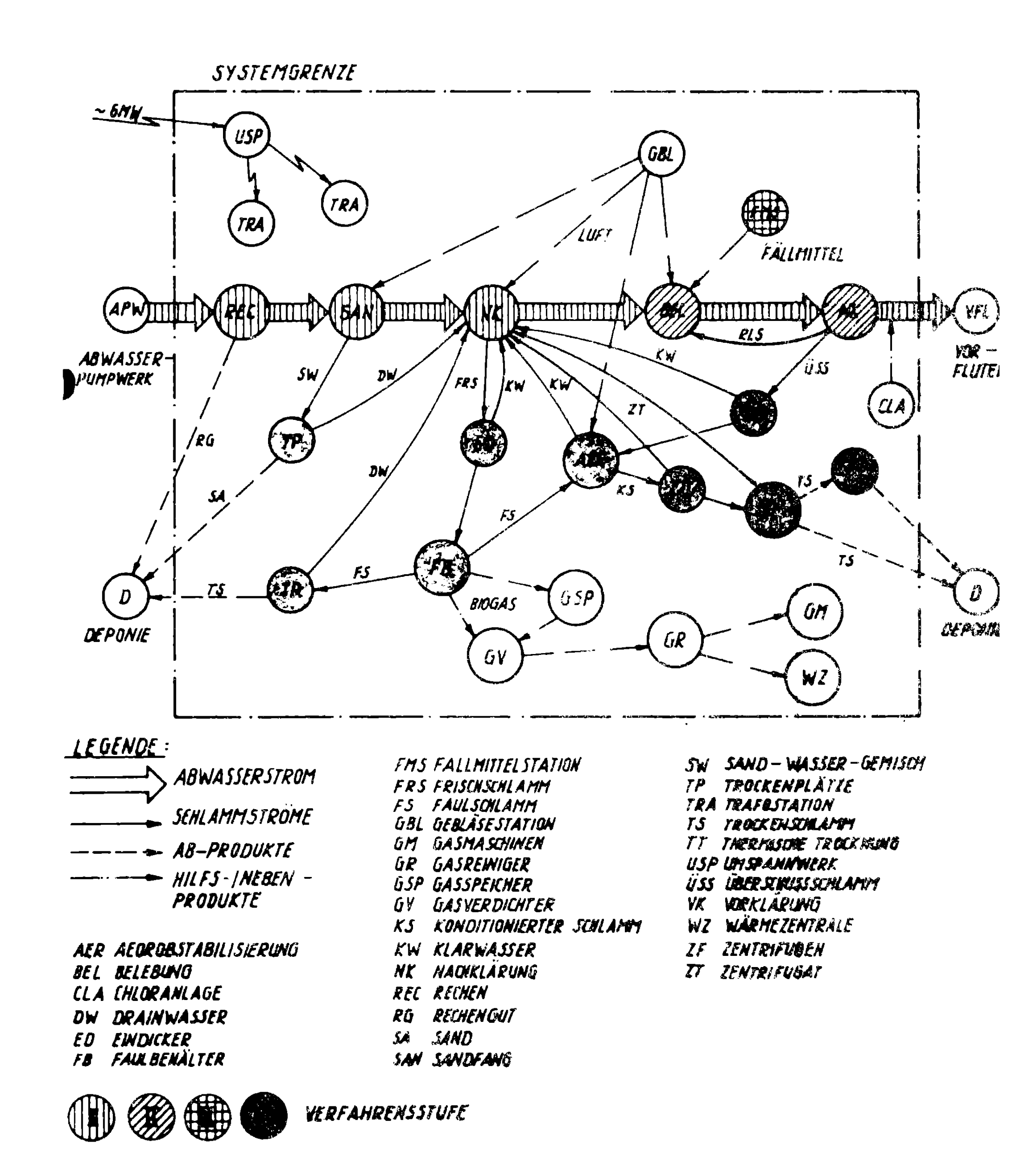


Bild 2 Verfahrensablauf Abwasserreinigung

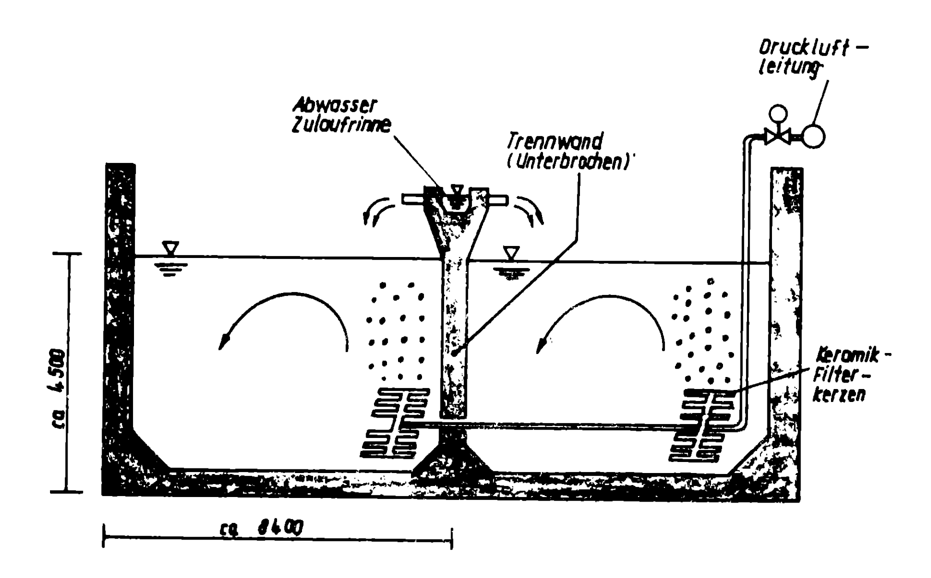


Bild 3: Prinzip der Druckbelüftung für ein Belebungsbecken

durch Mikroorganismen, die die Inhaltsstoffe als Nährsubstrat benutzen. Für den dabei im Belebungsbecken (BEL) ablaufenden kontinuierlichen "Fermentationsprozeß" ist Sauerstoff erforderlich. Er wird durch geeignete Eintragsvorrichtungen in die Becken (in großen Anlagen meist durch feinblasige Druckbelüftung über keramische Filterkerzen am Beckengrund) eingeblasen. Damit wird zugleich eine die Reaktion fördernde intensive Umwälzung und Durchwirbelung des Beckeninhalts erreicht. Bild 3 zeigt das Belüftungsprinzip.

Der nach diesem Verfahren ablaufende Reinigungsvorgang ist eine auf konzentrierte Raum-Zeit-Ausbeute (hohen Substratumsatz) zielende großtechnische Nachbildung der in natürlichen Gewässern bei ungestörten Biotopen selbsttätig verlaufenden Abwasserreinigung. Durch die mikrobiellen Stoffwechselvorgänge ist mit dem Abbau der Nährsubstrate zugleich ein Aufbau neuer Zellsubstanz und damit ein Wachstum und eine Vermehrung der Mikroorganismen verbunden.

Eine zweite wichtige Voraussetzung für den optimalen Stoffumwandlungsverlauf ist eine dem jeweiligen Nährstoffangebot angepaßte Biomassekonzentration im Belebungsbecken. Der im Nachklärbecken (NK) abgesetzte Belebtschlamm wird deshalb in einem dem Substratangebot angepaßten Umfang als Biomasserückführung in den Prozeß zurückgegeben (Rücklaufschlamm RLS). Der überschüssige Schlamm (ÜSS) wird aus dem Prozeß entfernt. Das gereinigte Abwasser fließt nach einer Verweilzeit im Nachklärbecken von zwei bis drei Stunden als Klarwasser in den Vorfluter (VFL).

Verfahrensstufe III

Infolge der zunehmenden Nährstoffbelastung der Gewässer (Eutrophierung) werden große kommunale Kläranlagen trotz der damit verbundenen erheblichen Kostensteigerungen zunehmend mit chemischen Reinigungsstufen ausgerüstet. In diesem auch als 3. Reinigungsstufe (FMS) bezeichneten Anlagenabschnitt werden durch Zugabe von Fällmitteln (oft Eisen-II-Sulfate) die im Abwasser gelösten Phosphatverbindungen entfernt. Sie fallen im Schlamm der Absetzbecken als unlösliche Sedimente an.

Verfahrensstufe IV

Die Beseitigung des im Prozeß anfallenden Schlamms erfordert eine Reihe von Schlammbehandlungsmaßnahmen. Nach dem vereinfacht dargestellten Verfahren im Bild 2 zählen dazu die Verfahrensschritte Eindicken, Ausfaulen und Trocknen.

Der aus dem Prozeß mit sehr geringem Feststoffanteil abgezogene Schlamm wird zur Entlastung der Folgestufen in großen zylindrischen Behältern (ED) durch Schwerkrafteinwirkung auf einen höheren Feststoffgehalt eingedickt. Der eingedickte Schlamm wird anschließend in große geschlossene Faulbehälter (FB) gepumpt. Dort verläuft bei Temperaturen um 33 °C unter Luftabschluß eine Zersetzung der organischen Schlamminhaltsstoffe durch anaerobe Bakterien. Die Verweilzeit beträgt etwa 20 Tage. Im Ergebnis der Ausfaulung entsteht Biogas und Faulschlamm (FS). Das Biogas (2/3 CH_4, 1/3 CO_2 und andere Beimengungen) wird zur Prozeßwärmeerzeugung verwendet. Der Faulschlamm wird getrocknet und anschließend beseitigt.

Nebeneinrichtungen und verfahrenstechnischer Aufwand

Der Betrieb eines großen Klärwerks erfordert einen erheblichen technologischen Aufwand. Neben den der eigentlichen Abwasser- und Schlammbehandlung dienenden Prozeßabschnitten müssen Gasanlagen und eine Wärmezentrale (WZ) errichtet werden, in denen die im Prozeß als Biogas anfallende Energie gespeichert und verwertet wird. Vor der Verwertung wird dem Faulgas in einer Gasreinigung (GR) der schädliche H_2S-Anteil entzogen.

Zu den wichtigsten Hilfsprozessen in einem großen Klärwerk gehört die Bereitstellung der Hilfsluft in der Gebläsestation (GBL). Bei maximalem Abwasserzulauf entsteht in der hier beschriebenen Anlage ein Luftbedarf von mehr als 200.000 m^3/h i. N. Die Drucklufterzeugung kann bis zu 80 % der im laufenden Klärwerksbetrieb entstehenden Energiekosten erfordern.

3.3. Integration der Automatisierungstechnik

Die Automatisierungstechnik als selbständige und notwendige technische Disziplin findet erst seit Anfang der 70er Jahre Eingang in die Abwassertechnik. Automatisierungsaufgaben - im wesentlichen die Steuerung von Antrieben - wurden bis dahin durch die Elektrotechnik wahrgenommen. Erst die wachsende Bedeutung des Rohstoffs Wasser, die Ausweitung der Abwasserreinigungskapazitäten und neue Konzepte und Technologien für die Abwasserreinigung führten zu einem grundlegenden Auffassungswandel. Ausschlaggebend waren vor allem Entwicklungen wie wachsende Anlagengrößen, Komplexität der Verfahrensabläufe, aber auch zunehmend gestiegene Anforderungen an eine verbesserte und effektivere Betriebsführung. Die zuneh-

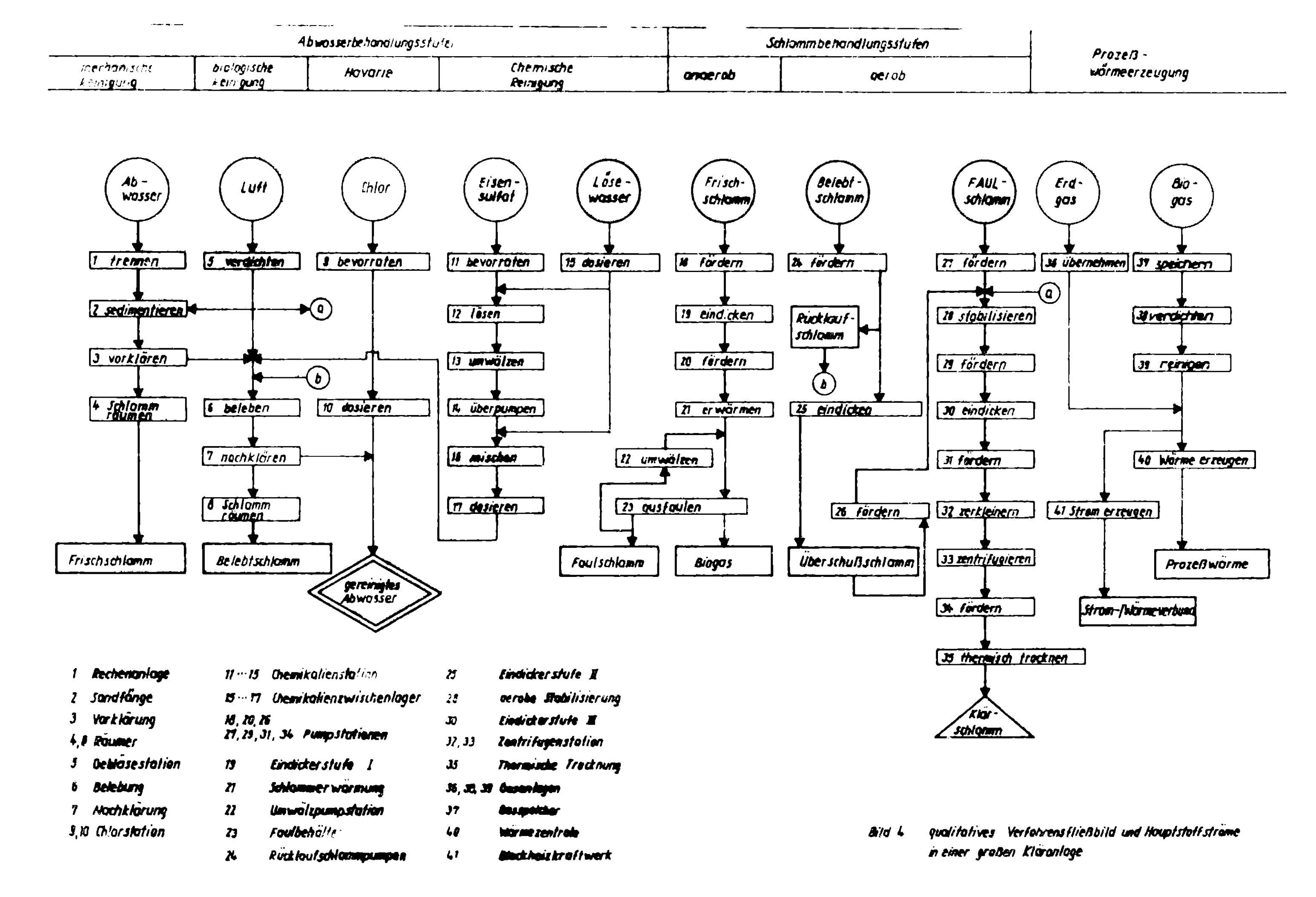


Bild 4 qualitatives Verfahrensfließbild und Hauptstoffströme in einer großen Kläranlage

mende Integration der Automatisierungstechnik in den Gesamtprozeß der Abwasserreinigung erhält dadurch eine immer größere Bedeutung. Bei einer Neuinvestition bietet sich zudem die Chance, die Automatisierungstechnik von Anfang an so in die Anlagengestaltung einzubeziehen, daß ein optimaler volkswirtschaftlicher Nutzen für das Gesamtsystem entstehen kann. Ein anschauliches Beispiel für den bei der Automatisierung zu lösenden Umfang an Einzelaufgaben vermittelt Bild 4. Das qualitative Verfahrensfließbild zeigt in vereinfachter Darstellung die zehn wichtigsten verfahrenstechnisch zu verarbeitenden Hauptstoffströme und etwa vierzig ausgewählte technologische Grundoperationen. Für die Automatisierungsanlage ergibt sich daraus der in Bild 5 angegebene Informationsverarbeitungsumfang.

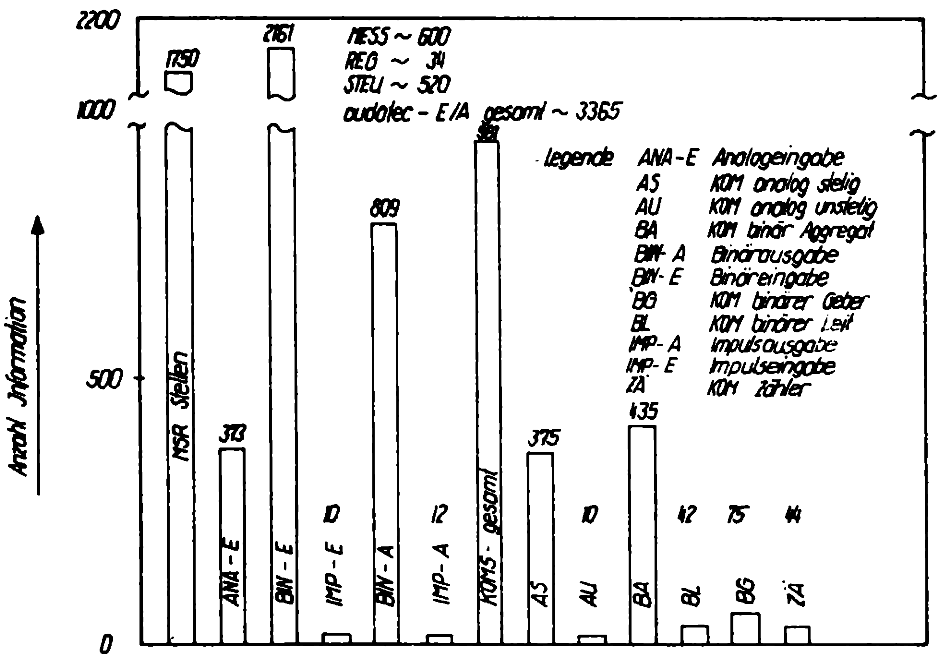


Bild 5: KA Berlin-Nord Informationsstruktur

3.4. Charakteristische Systemeigenschaften

Kommunale Abwasserreinigungsanlagen weisen als Automatisierungsobjekte eine Reihe charakteristischer Eigenschaften auf, die das jeweilige Lösungskonzept maßgeblich beeinflussen

- Insellage
  Die Anlagen haben in der Regel kein "technisches" Umfeld

- lange Reisezeiten
  Abwasserreinigungsanlagen werden für Reisezeiten von 35 Jahren und länger geplant

- längerfristiger Investitionsdurchlauf
  Vorbereitung und Ablauf der Realisierung dauern oft mehrere Jahre, da die Anlagen in der Regel dem wachsenden Abwasseranfall angepaßt in mehreren Ausbaustufen errichtet werden

- große räumliche Ausdehnung

- kontinuierlicher 24-Stunden-Betrieb und hohe Zuverlässigkeitsforderungen
  Kommunale Klärwerke haben gewöhnlich keine Zwischenspeicher. Das zulaufende Abwasser muß kontinuierlich abgenommen und verarbeitet werden. Ein Anlagenausfall kann im Umweltbereich schwerwiegende ökologische Schäden verursachen.

- führungsstromgeprägter Prozeßverlauf
  Der Prozeßverlauf einer kommunalen Abwasserreinigungsanlage wird durch einen ausgeprägten den Lebensrhythmus der Bevölkerung widerspiegelnden Führungsstrom bestimmt (Abwasserganglinie). Sie weist extreme Unterschiede sowohl im Zulaufstrom wie in der BSB_5-Fracht [1] auf, die zeitzyklischen (tageszeitlichen, wochentags-, monatlichen und jahreszeitlichen) Änderungen unterliegt. Bild 6 zeigt am Beispiel eines großen kommunalen Klärwerks den typischen Verlauf der Abwasserganglinie während eines Wochentags.

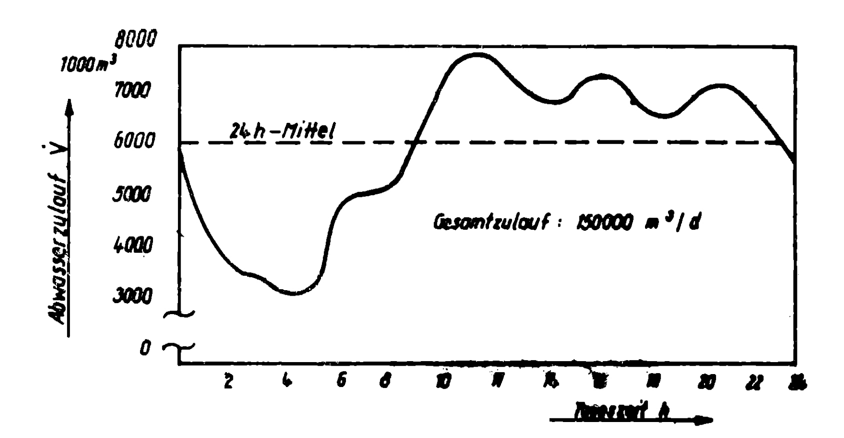


Bild 6: Abwasserganglinie einer großen kommunalen Kläranlage

[1] BSB_5: Summenparameter zur Kennzeichnung des Anteils an organischer Abwasserbelastung, der durch biologische Prozesse abbaubar ist. Kenngröße für den dafür erforderlichen Sauerstoffbedarf.

- Dominanz binärer Steuerungstechnik
  Bei der Prozeßsteuerung von Abwasserreinigungsanlagen dominieren die Aufgaben im Bereich der binären Antriebssteuerungen. Sie werden gegenwärtig noch überwiegend durch verbindungsprogrammierbare Steuerungssysteme realisiert.

- Probleme bei der Informationserfassung von Produkteigenschaften
  Abwasser ist ein sehr inhomogenes Produkt. Seine Qualität ist auch heute trotz zahlreicher inzwischen entwickelter Methoden der Meßwerterfassung noch immer schwer erfaßbar. Besonders problematisch ist die Messung der Abwasserbelastung und vieler Schlammparameter.

- Modellbereitstellung
  Die wissenschaftliche Durchdringung des auf mikrobiellen Abläufen beruhenden Prozeßverlaufs kann heute noch nicht immer befriedigen.

- Prozeßdynamik
  Mit Ausnahme der in den Nebeneinrichtungen ablaufenden Vorgänge (Verdichter, Wärmezentrale) sind die eigentlichen Prozesse der Abwasser- und Schlammbehandlung zeitunkritisch. Die Zeitkonstanten liegen im Sekunden- bis Minutenbereich.

- Energiebedarf
  Der spezifische Energiebedarf für die Abwasserreinigung in einer großen Anlage erreicht heute Werte um 0,5 kWh/m^3 Abwasser. Einige hochentwickelte Industrieländer wenden bereits 1 ‰ oder mehr ihres Gesamtenergieaufkommens für die Abwasserreinigung auf.

- Rohstoffaufwand für die Phosphatelimination
  Der Fällmittelbedarf hat einen erheblichen Einfluß auf die Betriebskosten einer Anlage.

3.5. Ableiten von Automatisierungszielen

Die Automatisierungszielstellungen lassen sich

- aus den volkswirtschaftlich gestellten Globalzielen wie Verringerung des Material-, Energie- und Rohstoffverbrauchs, Reduzierung des Bauaufwands
- aus den charakteristischen Eigenschaften und den Verfahrenszielen der Anlage ableiten.

Tafel 3 gibt die abgeleiteten Zielvergaben und den zu erwartenden Nutzen bei der Anwendung eines PLS an.

3.6. Vergleichender Überblick zum Automatisierungsstandard

Abwasserreinigungsanlagen sind aufgrund ihrer extrem langen Reisezeiten heute noch überwiegend mit konventionellen Systemen automatisiert. Das Automatisierungsniveau älterer Anlagen ist gering. Erst die bereits genannten neueren Entwicklungen haben seit etwa 10 Jahren zu einer Umorientierung geführt. So wurden bereits in den 70er Jahren eine Reihe von Prozeßrechnern (PR)

auf Kläranlagen installiert, die vorwiegend für die Verbesserung der Informationsstruktur genutzt wurden. PR zur Steuerung der Anlagen sind seltene Ausnahmen. Mit dem Aufkommen von PLS stieg die Zahl der Einsatzfälle sprunghaft an /27/ bis /30/. Der fortgeschrittene Automatisierungsstandard in hochentwickelten Industrieländern wird deshalb bei Neuanlagen und Rekonstruktionen gegenwärtig ausschließlich durch PLS repräsentiert.

Zielvorgabe	Lösung durch	Nutzensnachweis quantitativ	qualitativ
Energieverbrauch senken Fällmitteleinsatz verringern	belastungsangepaßte Prozeßführung	x	
Schlammbelastung vergleichmäßigen	Prozeßsteuerung der Rücklaufschlammführung		x
Ablaufgüte verbessern und stabilisieren	höheres Automatisierungsniveau		x
Bauaufwand senken	PLS-Komponenten (BSE, Bildschirmwarte)	x	
Verkabelungsaufwand reduzieren Aufwand an MSR-Schrankeinheiten verringern	lokale Dezentralisierung, Systembus	x	
- Aufwand an Einzelgeräten im Wartenbereich verringern Bedien- und Instandhaltungsaufwand verringern	PLS-Komponenten (BSE, Bildschirmwarte)	x	
- Prozeßtransparenz verbessern - hohen Komfort bei der Prozeßbeobachtung und -bedienung gewährleisten Flexibilität ermöglichen	PLS-Komponenten - Bildschirmtechnik - Kennwertberechnung - Protokollierung - Bilanzierung		x
Betriebssicherheit erhöhen Leistungsreserven ausschöpfen, Wirkungsgrade verbessern	PLS-Komponenten		x
Investitionsbedarf senken	optimale Systemauslastung der Funktionseinheiten	x	
Soziale Effektivität verbessern Arbeitskultur erhöhen	höheres mit dem PLS verbundenes Qualifikationsniveau		x

Zielvorgabe	Lösung durch	Nutzensnachweis quanti-tativ	qualitativ
Technisches Gesamtniveau der Anlage als Funktion des Automatisierungsniveaus erhöhen	PLS-Komponenten		x

Tafel 3: Automatisierungsziele für die Konzeption einer modernen Abwasserreinigungsanlage

4. Projektierung eines audatec-Großverbundsystems für eine kommunale Abwasserreinigungsanlage

4.1. Organisation des Projektierungsablaufs

Die Integration einer audatec-GVA in eine große verfahrenstechnische Gesamtanlage verlangt ein flexibles methodisches Konzept und die kooperative Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber und weiteren HAN. Daraus erwächst die Notwendigkeit, die Vorgabe der technischen Lösungen, die Koordinierung aller Arbeitsschritte und die Abstimmung zum Auftraggeber einem verantwortlichen Leitprojektanten zu übertragen.

Methodische Grundsätze der Projektierung von audatec-Anlagen und Hinweise zur erforderlichen Auftragsdokumentation enthält /15/. Für den hier behandelten Anwendungsfall war weiterhin zu berücksichtigen:

- Der Systementwurf einer GVA wird gegenüber herkömmlichen Systemen wesentlich stärker durch die Eigenschaften und Bedürfnisse, vor allem aber die Komplexität der verfahrenstechnischen Anlage geprägt, verlangt also gründliche Kenntnisse über den Prozeß und dessen Zusammenhänge.
- Das im volkswirtschaftlichen Interesse gebotene Ausschöpfen des audatec-Systempotentials (vergl. Abschnitt 2.3.) setzt die Zusammenarbeit zwischen dem Leitprojektanten, dem AG und den übrigen am Vorhaben beteiligten Partnern bereits in der frühesten Planungsphase voraus.
- Die Projektabwicklung von audatec-Systemen enthält im Vergleich zu konventionellen Systemen eine größere Zahl von Einzelschritten. Bei GVA ist die Bearbeitung in sequentieller Folge aufgrund der Terminvorgaben gewöhnlich nicht realisierbar.
- Ein in großen Systemen häufig erforderlicher schrittweiser Anlagenausbau erfordert das konzeptionelle Vorausdenken des späteren audatec-Gesamtsystems bereits in der ersten Ausbaustufe.

Die Projektierung wurde deshalb nach folgendem Grob-Ablauf organisiert (Tafel 4, Bild 7)

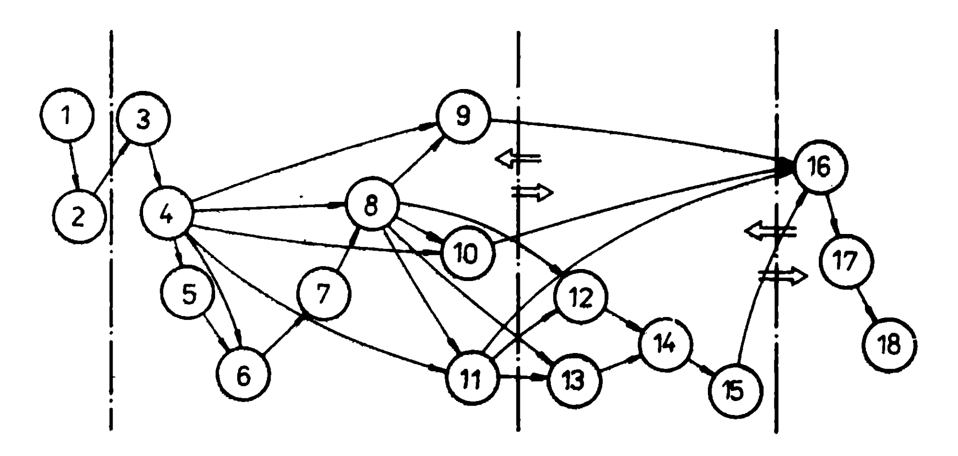


Bild 7 a: TEVO - Auftragsabwicklung von audatec-GVA (organisatorischer Durchlauf)

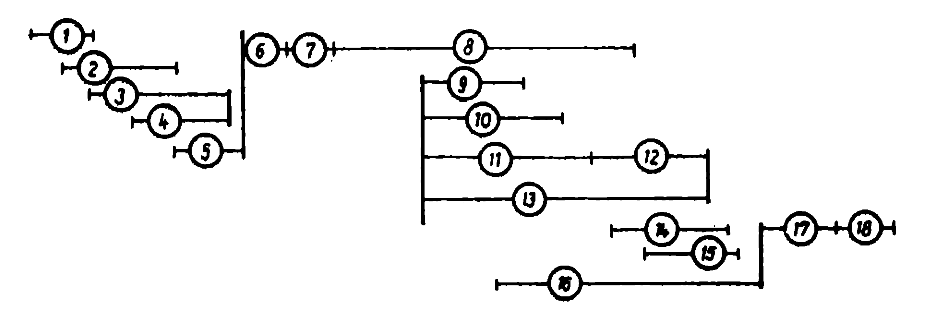


Bild 7 b: zeitlicher Durchlauf (Projektphasen nach Tafel 4)

Arbeitsphase	Arbeitsschritt
1	Auftragsbilanzierung, -vereinbarung
2	Kontaktaufnahme des AG mit dem Leitprojektanten, Beratungen und Vereinbarungen zu: Grobkonzeption, Leistungsabgrenzungen, Inhalt der Auftragsdokumentation
3	Aufgabenstellung zur Automatisierungskonzeption
4	Automatisierungskonzeption
5	Höchstpreisangebot
6	Grundsatzentscheidung

Arbeitsphase	Arbeitsschritt
7	Projektierungsauftrag, AST für die Ausführungsprojektierung
8	AST-Prüfung, -Ergänzung, -Korrekturen
9	Projektierung konventioneller Teil prozeßnahe Ebene
10	Projektierung audatec-ergänzende konvent. Systeme
11	audatec-Ausrüstungsdokumentation (Projekt Teil I)
12	audatec-Strukturierdokumentation (Projekt Teil II)
13	audatec-Sondersoftware (Sondermodule, Programme für Koordinierungsebenen)
14	Strukturieren (Datenträgererzeugung am Strukturierrechner)
15	Funktionstest am Testrechner
16	Konstruktion, Technologie, Beschaffung, stationäre Fertigung, Hardwareprüfung
17	Komplextest
18	Auslieferung auf die Baustelle

Tafel 4: TeVo-Auftragsabwicklung von audatec-GVA

Die Darstellungen lassen die wesentlichen Unterschiede zum Projektierungsablauf konventioneller Systeme erkennen:

- Die Projektierungsleistung beginnt bereits mit Aufnahme der Vertragsverhandlungen und begleitet den Erzeugnisdurchlauf bis zur Auslieferung.
- Die komplexe Integration des MR-AS in das technologische System ist mit einem erhöhten Durchlauf von Iterationsschleifen AST - Projekt verbunden.
- Der zeitliche Ablauf (Endtermine) verlangt die parallele Bearbeitung der Projektschritte 9, 10, 11 und 13.

4.2. Die Automatisierungskonzeption /15/

4.2.1. Methodik, Zielstellungen

Jeder Entwurf einer audatec-GVA beginnt mit dem Entwerfen der Automatisierungskonzeption. Ihr wichtigstes Ergebnis ist die zwischen Hersteller und Auftraggeber erzielte Vereinbarung über die Grobstruktur und den Umfang des Automatisierungssystems. Wichtige Teilziele sind daneben

- Organisation der automatisierungsgerechten Anlagengestaltung
- Bindung wichtiger Kooperationspartner, z. B. für wissenschaftlich-technische Leistungen, Softwareleistungen
- Leistungsabgrenzungen zu mitbeteiligten Investitionspartnern

- Festlegungen zum Ablauf von Investitionsetappen bei schrittweisem Anlagenausbau
- Voraussetzungen für spätere Systemerweiterungen (Umfang, Erweiterungsphasen)
- Aussagen zum ökonomischen Ergebnis der Automatisierung
- Konzepte zur Integration des Betreibers (Vorbereitung, Qualifizierung, Mitwirkung) in die Einsatzvorbereitung und Realisierung des Vorhabens
- vorläufige Bauangaben
- Höchstpreis der Anlage

Die Automatisierungskonzeption wird nach ihrer Bestätigung durch die GE Bestandteil der AST für die Ausführungsprojektierung. Mit den vereinbarten Grundsätzen der technisch-ökonomischen Lösung ist der Maßstab für die Effektivität des Automatisierungsvorhabens festgelegt. In der anschließenden Ausführungsprojektierung, die nach Bild 7 in vier parallel ablaufenden Arbeitsschritten beginnt, sind Konzeptänderungen nur noch schwer durchsetzbar. Bei der Instrumentierung in diesen Arbeitsphasen entsteht kein zusätzlicher Nutzen im Sinne einer erhöhten Anlageneffektivität.

4.2.2. Dimensionierungsprobleme in der Automatisierungskonzeption

Das Hauptanliegen der Automatisierungskonzeption läßt sich auf ein in drei Ebenen angelagertes Stufenprogramm der Systemdimensionierung zurückführen. Den methodischen Ablauf am Beispiel der behandelten Abwasserreinigungsanlage zeigt Tafel 5 /16/, /17/.

4.2.2.1. Grobdimensionierung des Anlagenkonfigurators (Ebene 1)

Nach der Vorgabe der Globalzielstellungen, die sich aus der Analyse und den Zielstellungen des Vorhabens (Abschn. 3) ableiten, kann als erster Schritt ein Vergleich der Anwenderforderungen mit dem Funktionspotential einer Großverbundanlage durchgeführt werden. Als Entwurfshilfe soll ein Belastungsdiagramm nach /16/ dienen (Bild 8). Die eingezeichnete Belastungsgrafik ist ein Demonstrationsbeispiel. Als Entwurfsbasis sei eine audatec-GVA definiert, die aus einem Subsystem mit 1000 KOMS ohne Koppelrechner zu weiteren Subsystemen besteht. An den Schnittstellen zwischen Koordinaten und Peripherie sind Orientierungswerte für Belastungsgrenzen der wichtigsten Systemgrößen angegeben.

Bei der Grobdimensionierung muß beachtet werden:

- Die Dimensionierungsaufgabe betrifft ein komplexes Mehrgrößensystem (Die Änderung der Systemgrößen BSE oder MASTER verändern z. B. das Zeitregime.)
- Bei Annäherung an Belastungsgrenzen ist eine detailliertere Analyse notwendig.

Als wichtigste Eingangsgröße wurde in der AST die Gesamtanzahl der anzulegenden Prozeßein- und -ausgangssignale vorgegeben (Bild 5). Das Verhältnis zwischen Kanalzahl (ca. 3800), MSR-Stellen (ca. 1300) und KOMS (ca. 1000) beträgt in der betrachteten Anlage etwa 1 : 0,3 : 0,25. Die Verwendung einer GVA-Variante war damit erfor-

DIMENSIONIERUNGS-EBENE	DIMENSIONIERUNGS-AUFGABE	EINGANGS-GRÖSSEN /15/	ORIENTIERUNGS-KENNGRÖSSEN FÜR BELASTUNGSGRENZEN	ERGEBNIS
(1) audatec-GLOBAL-SYSTEM	• GROB-DIMENSIONIERUNG DES ANLAGENKONFIGURATORS	Gesamtanzahl MSR-Stellen (MSR)	Je Datenverbund (SUB) • ca. 1000 KOMS • ca. 6000 Ein-/Ausgangskanäle	• Anlagenvariante (KVA, GVA) • Anzahl SUB • Ergänzende Systeme
(2) PROZESSNAHE EBENE	• LOKALE DEZENTRALISIERUNG	• Verteilung der MSR im Anlagenfeld • Umgebungsbedingungen	• Minimales MSR-Aufkommen: ca. 100 ... 150/BSE • Umgebungsbedingungen (verbotene Räume)	• Topologisches Konzept • Anzahl Basisstationen (BS) • Standorte NSA berücksichtigen
	• FUNKTIONELLE DEZENTRALISIERUNG	• Anzahl MSR im BS-Umfeld • Prozeßdekomposition und strukturelle Zuordnung auf BSE Aspekte: • Funktionszuordnung • Querverbindungen vermeiden • Zuverlässigkeit • Signalstrukturen • Belegungsreserven	• BSE-Belastung: - 100 ≤ KOMS ≤ 200 - 100 ≤ MSR ≤ 300 • 20 BSE je SUB	• BSE Belegung • Grobbelastung BSE und • Anzahl BSE
	• REDUNDANZKONZEPT	• MSR, Aggregate mit besonderen Anforderungen an Verfügbarkeit und Anlagenschutz	• je BSE-R Übernahme ausgewählter FKT von max. 4 Normal-BSE	• Anzahl BSE-R • Strukturredundanz konventionell
	• KOPPELGEFÄSSE (KG)	• Anzahl BSE • Funktionsstruktur • Redundanzkonzept	• Anzahl KG (1,5 ... 2)x BSE	• Anzahl Koppelgefäße in Basisstationen

DIMENSIONIERUNGSEBENE	DIMENSIONIERUNGSAUFGABE	EINGANGSGRÖSSEN /15/	ORIENTIERUNGSKENNGRÖSSEN FÜR BELASTUNGSGRENZEN	ERGEBNIS
	• BUS-SYSTEM	. Lageplan . Trassenplan . BS-Verteilung . Störeinflüsse	. BUS-Länge: 3 km . je SUB: 1000 KOMS, 10 MASTER, 20 BSE . EMV-Abstände	. Trassenführung . BUS-Länge . BUS-Belastung
③ PROZESS-LEIT- UND KOMMUNIKATIONSEBENE	• WARTENRECHNER (WR) FUNKTIONEN	Aufgabenprofil für Koordinierungs- und Führungsebenen	Rechnerkapazität	. Typ des WR . Konfigurator für WR und Peripherie . Programmierungsaufgaben . Anzahl Bedienpulte BUS-gekoppelt
	• BEDIENKONZEPTION	. KOMS-Anzahl . Prozeßdekomposition und strukturelle Zuordnung auf Fahrstände (FS) und Bedienplätze (BP)	. je SUB 1000 KOMS, 10 MASTER, 4 FS . Bedienerbelastung	. Anzahl FS, BP . Zentrale oder dezentrale Anordnung von FS
	• REDUNDANZKONZEPT	erforderliche Pultredundanz und konvent. Redundanz	. Pultbelastung: 1000 KOMS	. Anzahl Pulte mit redundanter Funktion . Anzahl konventioneller Einrichtungen
	• KOMMUNIKATIONSFUNKTIONEN	. Anzahl FS, BP . Anzahl KOMS je FS . Pultredundanz . Anzahl Fließbild-(FB) Darstellungen . Anforderungen an audatec-Peripherie	. Pultbelastung: - 1000 KOMS - 31 Trends - 3 ... 4 FB/Normalpult - 30 FB/Sonderpult - Bedienerbelastung	. Anzahl Einzelpulte . Peripherie (Anzahl Beistellgefäße) . Anzahl Wartenpulte audatec konventionell . Anlagenkonfigurator

④ TECHNISCH-ÖKONOMISCHE UND ORGANISATORISCHE PROBLEME				
	• BAUANGABEN	• Ergebnisse aus 2 und 3	• Mindestanforderungen an Aufstellungsräume gemäß /23/	• Aufstellungspläne für BS, Leitstände • Raumbedarf • Energiebedarf • Wärmebelastung Höchstpreisangebot
	• ANGEBOTS-PREIS	• Ergebnisse aus 2 und 3		

Tafel 5: GROBDIMENSIONIERUNG VON audatec-SYSTEMEN PROJEKTPHASE AUTOMATISIERUNGSKONZEPTION

Legende

BP	Bedienpult	GVA	Großverbundanlage
BS	Basisstation	KG	Koppelgefäß
BSE	Basiseinheit	KOMS	Kommunikationsstelle
BSE-R	Basiseinheit-Reserve	KVA	Kleinverbundanlage
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit	NSA	Niederspannungsschaltanlage
FB	Fließbild	SUB	Subsystem
FS	Fahrstand	WR	Wartenrechner

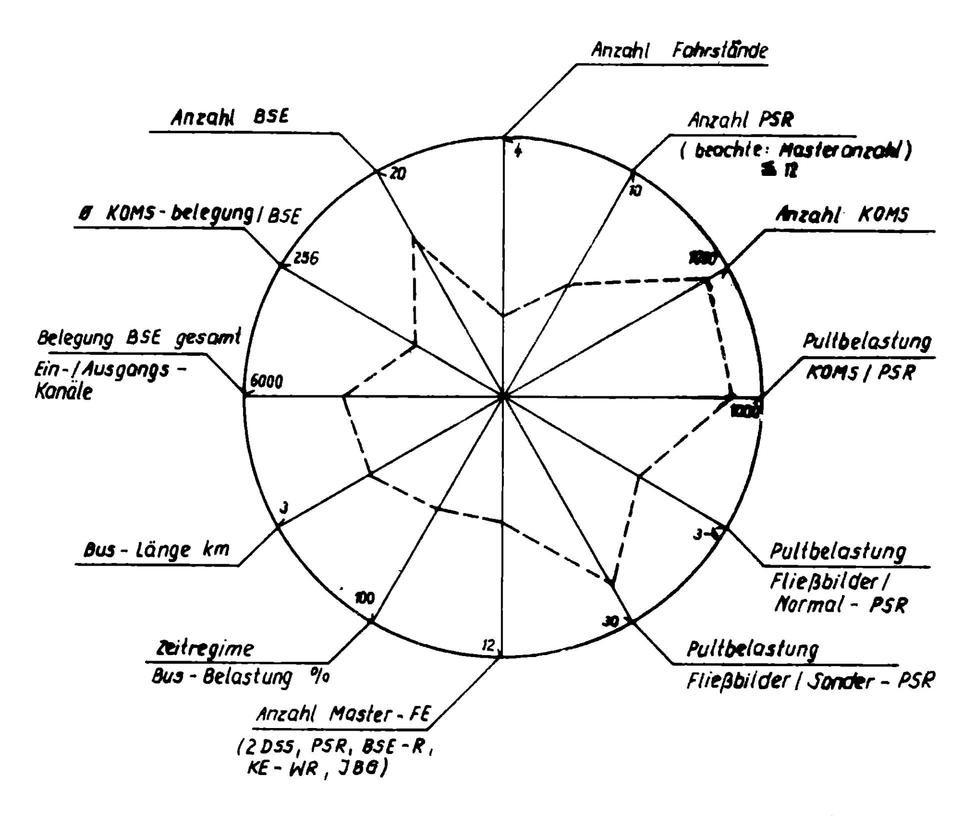


Bild 8 audatec – Belastungsdiagramm eines GVA–Subsystems mit 1000 KOMS

derlich. Der Funktionsumfang läßt sich durch ein Subsystem mit etwa 1000 KOMS lösen. Interessant ist, daß die KOMS-Anzahl in der AST zunächst erheblich geringer veranschlagt war. Im Verlauf der Projektierungsarbeiten erhöhte sie sich durch Änderungen am Automatisierungsobjekt bis in die Nähe der Systemauslastung. Zur technologischen Anlage gehört ein Anlagenabschnitt zur Aufbereitung von Chemikalien, der sich etwa 2000 m außerhalb des Anlagenfeldes befindet. Um das Risiko einer BUS-Überlänge zu vermeiden, wurde für diese externe Station ein konventionelles Steuerungssystem ursalog 4000 geplant und ein Sammelkabel zur Informationsübergabe an das audatec-System herangeführt (vergl. Bild 10).

4.2.2.2. Grobdimensionierung prozeßnahe Ebene (Ebene 2)

Die Dimensionierungsaufgaben der Ebene 2 bestehen im Entwurf des topologischen Anlagenkonzeptes und des Anlagenkonfigurators. Sie entstehen durch Grobdimensionierung der Basiseinheiten, Basisstationen, des Bussystems, der Trassierung und des Redundanzsystems. Bild 10 zeigt den Topologieentwurf im betrachteten System. Entwurfsgrundlage sind die Angaben der Aufgabenstellung nach /15/.

Lokale Dezentralisierung

Zielstellung ist die Standortfestlegung von Basisstationen in Anlagen mit räumlicher Verteilung von Aggregaten oder Prozeßabschnitten zur Verkabelungsoptimierung. Im vorliegenden Fall beträgt die Ausdehnung des Anlagenfeldes etwa 36 ha. In Anlagen mit wesentlichem oder dominantem Anteil industrieller Antriebssteuerungen, wie im betrachteten Einsatzfall, ist das Einbeziehen der Standortverteilung von Niederspannungsschaltanlagen (NSA) in den Systementwurf erforderlich. Aufbereitete Ingenieurverfahren zur Verkabelungsoptimierung sind gegenwärtig noch nicht praxiswirksam /22/. Bild 9 zeigt ein anwendbares heuristisches Verfahren.

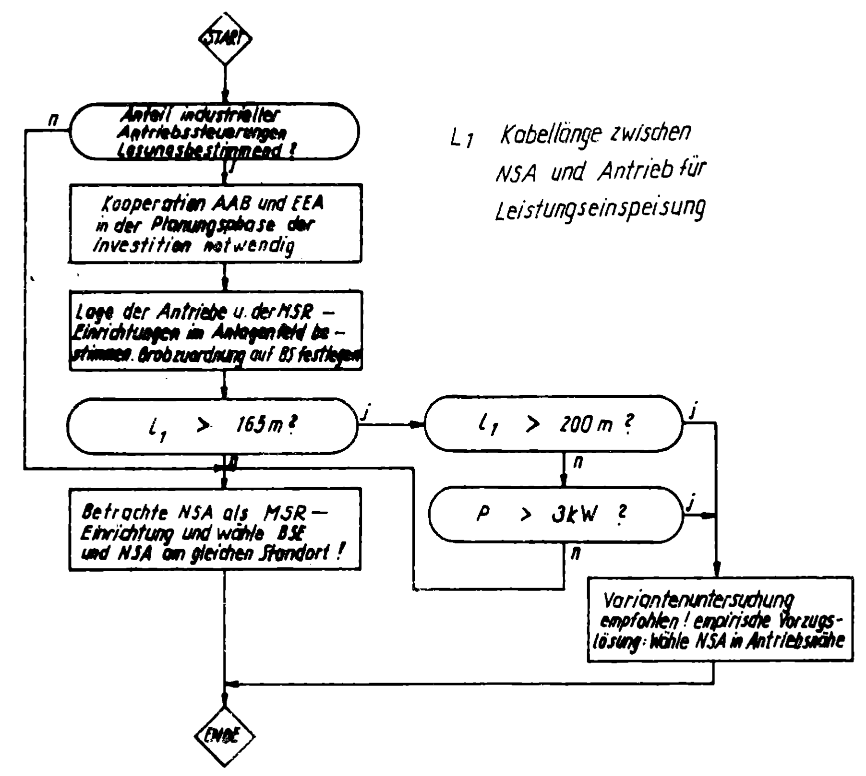


Bild 9: Grobmodell zur heuristischen Standortbestimmung von NSA für Antriebssteuerungen mit audatec-GVA nach /22/.

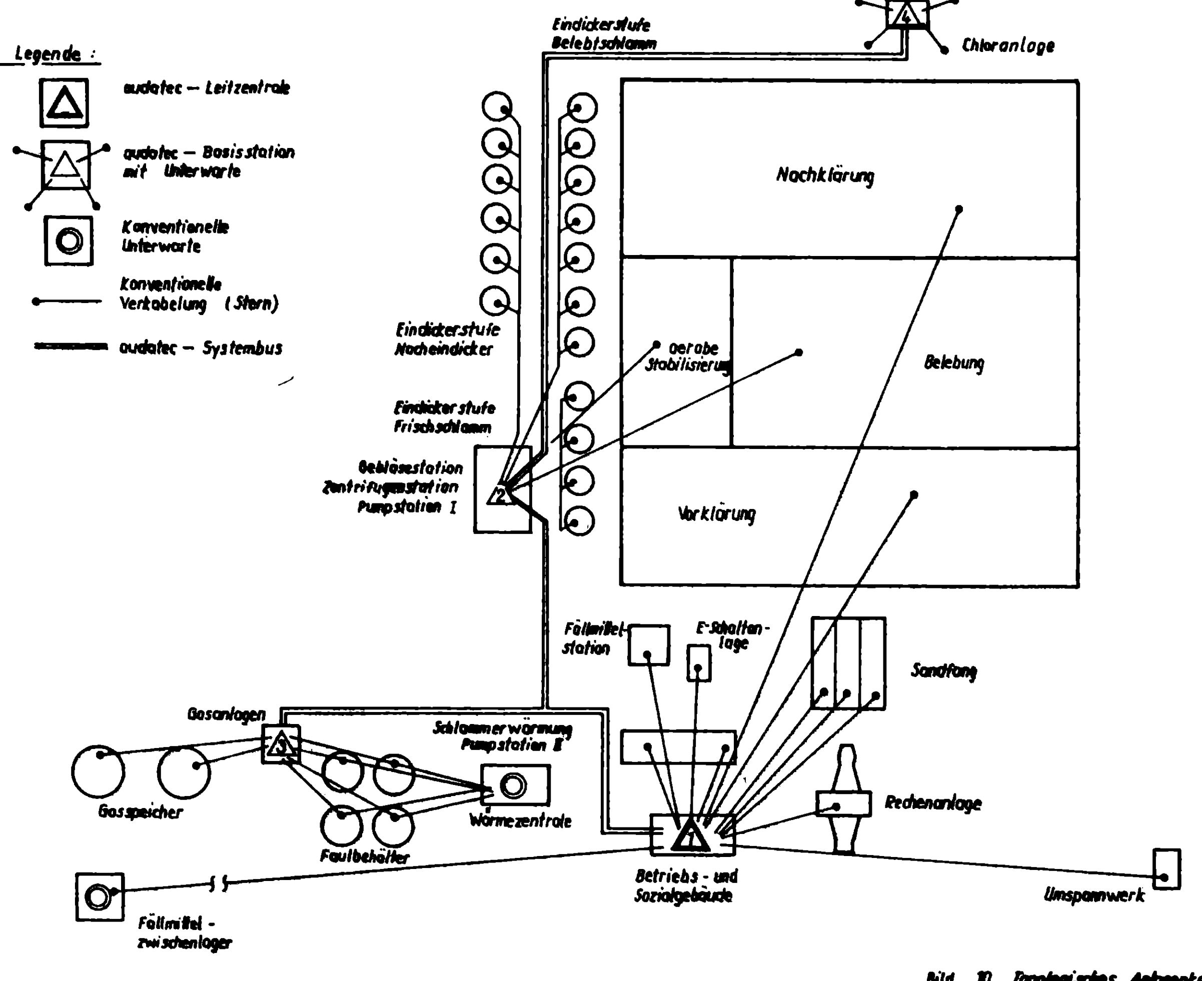


Bild 10 Topologisches Anlagenkonzept

Funktionelle Dezentralisierung

Die Zuordnung der Verarbeitungsaufgaben auf die Basiseinheiten setzt zunächst die Prozeßzerlegung in Abschnitte und technologische Einrichtungen voraus. Verfahrenstechnische Anlagen ohne Betriebsunterbrechung sind bis zu einem Umfang redundant ausgelegt, der den Anlagenbetrieb auch bei Ausfall einzelner Teilsysteme gewährleistet. Die verfahrenstechnische Reserve darf durch den Ausfall funktionsintegrierter Automatisierung nicht gefährdet werden. Eine der wichtigsten Grundregeln der Funktionszuordnung ist deshalb die Eingliederung der Systemkomponenten des Automatisierungssystems in die Zuverlässigkeitsstruktur des Verfahrens. Sie hat das Ziel, das Verfahrensrisiko beim Ausfall einzelner Systemkomponenten zu mindern. Die anstehende Problematik sei am vereinfachten Entwurf einer Zuverlässigkeitslogikstruktur verdeutlicht (Bild 11).

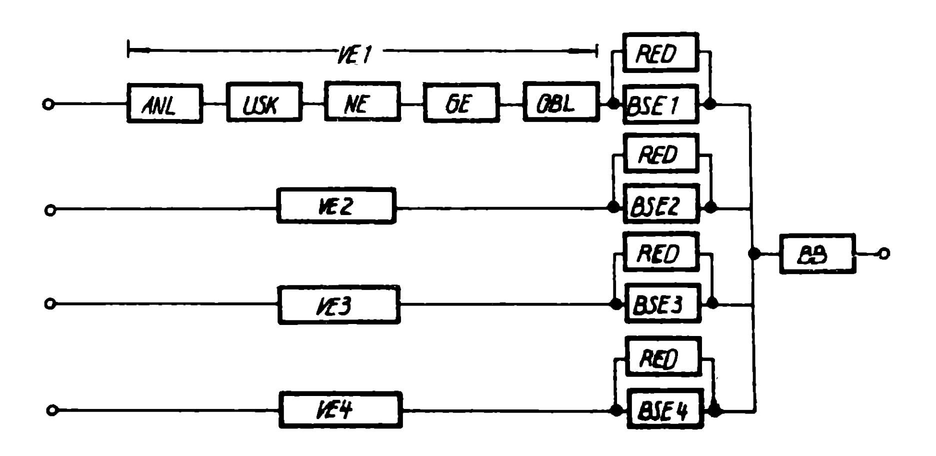


Bild 11: Zuverlässigkeitslogikstruktur am Beispiel Druckluft-erzeugung für die Belebungsanlage

Für die Luftversorgung der Anlage sind vier parallel auf eine Sammelschiene einspeisende Gebläseverbundeinheiten (VE) installiert. Jede VE besteht aus Anlasser (ANL), Untersynchrone Stromrichterkaskade (USK), Nebeneinrichtungen (NE) (Öl- und Kühlwassersystem), Getriebe (GE) und Gebläse (GBL).

Die Versorgungssicherheit des verfahrenstechnischen Systems darf durch die funktionsintegrierte Automatisierungstechnik (Betrachtungseinheit BSE) nicht beeinträchtigt werden. Bild 11 zeigt, daß die Zuverlässigkeitslogikstruktur der Luftversorgung des Verfahrens ein Parallelsystem ist. Es bleibt solange funktionstüchtig, wie mindestens zwei VE-Komponenten funktionieren.

Jede Lösung, mehrere VE mit einer gemeinsamen BSE zu automatisieren, setzt die Zuverlässigkeit der Luftversorgung herab, da aus der Parallel- eine Serienstruktur entstände und das System sofort ausfällt, wenn eine Komponente (z. B. die BSE) funktionsuntüchtig wird. Deshalb wird jede VE durch eine zugeordnete BSE automatisiert.

Weitere Gesichtspunkte sind:

- Funktionsverknüpfungen gemeinsamer Einrichtungen in einer BSE abarbeiten
- Vermeiden von Querverbindungen

Die Einzel-BSE kann im Rahmen ihrer Kapazität mit weiteren Funktionen belegt werden. Bild 12 zeigt eine Prinzipdarstellung des im Ergebnis der Dimensionierung entstehenden Anlagenkonfigurators.

Redundanzkonzept

Fragen der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und der Anlagensicherung treten bei der Anwendung von Prozeßleitsystemen mit größerem Gewicht als Gegenstand konzeptioneller Überlegungen auf als dies bei den bisher üblichen konventionellen Systemen der Fall war.

Es gibt dafür im wesentlichen folgende Gründe:

- die gerätetechnischen Mittel der Prozeßleittechnik (Bauelemente und Baugruppen) sowie die Softwarelösungen sind vielen Anwendern hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeitseigenschaften unter den Bedingungen des industriellen Einsatzes noch zu wenig bekannt und vertraut
- Zuverlässigkeitskenngrößen von PLS liegen gegenwärtig noch nicht ausreichend gesichert vor.
- Bei PLS muß aufgrund ihrer arttypischen Wirkprinzipien:
  - schrittweise Abarbeitung der logischen und arithmetischen Rechenoperationen in Mehrkanal-Basiseinheiten,
  - bitserielle Datenübertragung nach dem BUS-Prinzip
  - multivalent genutzte mehrkanalige Bedien- und Anzeigeeinrichtungen mit sequentieller Informationsdarbietung

bei Komponenten- oder Systemausfällen mit anderen Konsequenzen hinsichtlich der Anlagenverfügbarkeit und Anlagensicherheit gerechnet werden.

Der zunehmende Einsatz mikroelektronischer Automatisierungsmittel und die mit ihnen gewonnenen Erfahrungen haben dazu geführt, daß diesen Einrichtungen ein höheres Niveau an Betriebszuverlässigkeit zugesprochen wird, als dies für die meisten konventionellen Automatisierungsgeräte gilt.

Dennoch überläßt man derzeitig die in den jeweiligen technologischen Anlagen anstehenden Automatisierungsaufgaben dann einer einzelnen BSE nicht allein, wenn es sich um die Lösung höherer Anforderungen an die Funktionssicherheit handelt.
Hierzu gehören alle Prozeßsicherungsaufgaben.In solchen Fällen

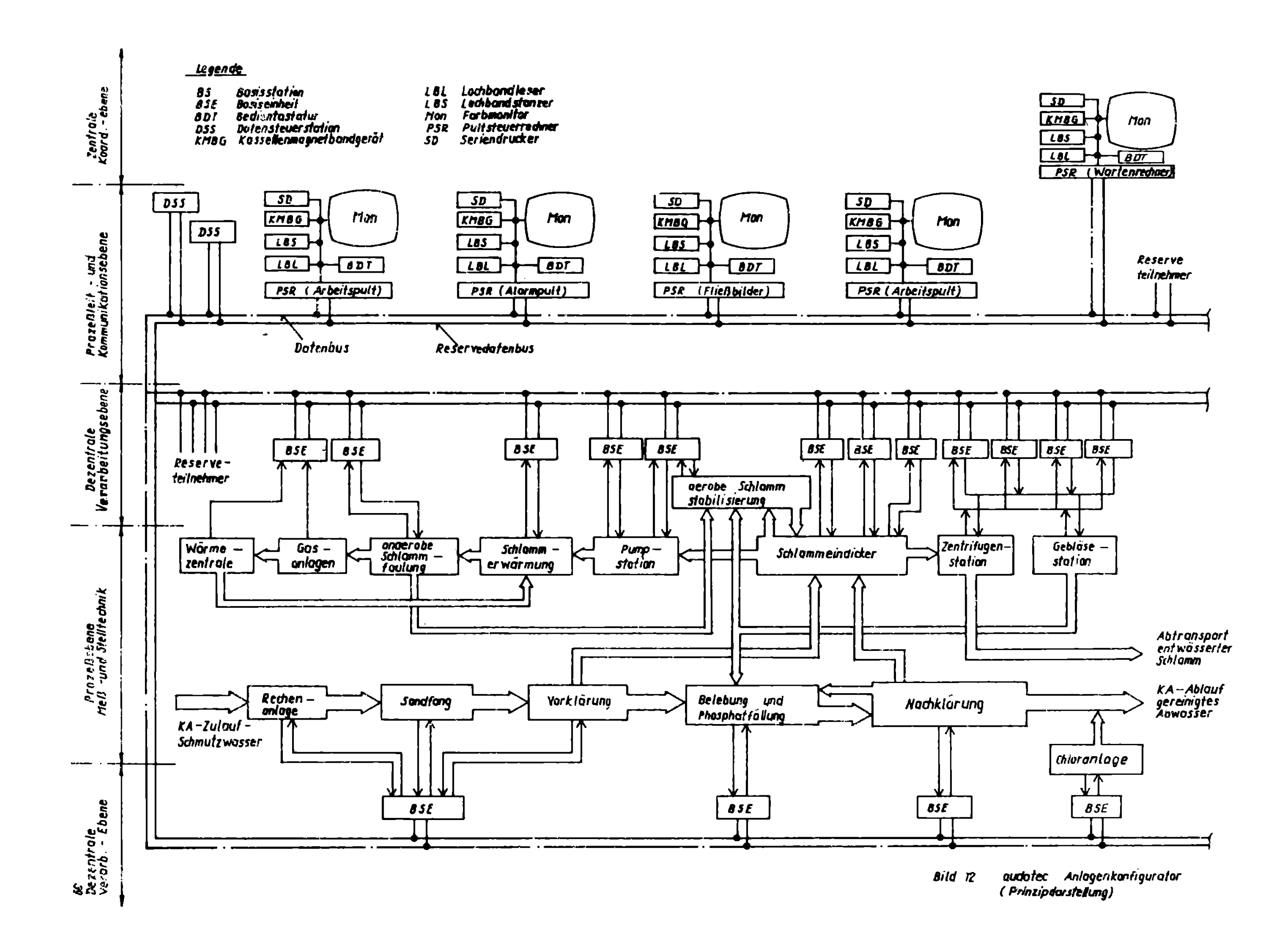


Bild 12 audatec Anlagenkonfigurator (Prinzipdarstellung)

werden die gestellten Aufgaben von Automatisierungseinrichtungen gelöst, die entweder auf speziell entworfenen Redundanzkonzepten beruhen z. B. Einsatz von BSE-R oder von unabhängigen, meist verdrahtungsprogrammierten Steuereinrichtungen übernommen werden. Dieser Grundsatz gilt auch für das audatec-System. Die Entscheidung über die anzuwendende Lösung wird auf der Basis der in der Aufgabenstellung vorgegebenen Anforderungen durch Abstimmung zwischen Auftraggeber, Betreiber und Hersteller der Automatisierungsanlage im Rahmen der Automatisierungskonzeption getroffen.

Die Beurteilung von Zuverlässigkeitsproblemen umfaßt ein Gebiet weitreichender Komplexität. Zu den Zuverlässigkeitskriterien gehören:

- die Gerätetechnik einschließlich der Prozeßkabel und Verbindungselemente
- die Steuerungsstrukturen und das vorgesehene Redundanzkonzept
- die Einsatz- und Betriebsbedingungen
- die Betriebsorganisation beim Betreiber (Kontrolle, Instandhaltung, Ersatzteilbestellung)
- das Bedien- und Instandhaltungspersonal.

Für den Entwurf der Automatisierungskonzeption ergibt sich daraus die Konsequenz, Probleme der Anlagenzuverlässigkeit, -verfügbarkeit und -sicherung als unverzichtbaren Bestandteil des Entwurfskonzeptes zu berücksichtigen. Dem Entwurf muß grundsätzlich eine Analyse der Zuverlässigkeitsstruktur der technologischen Anlage vorausgehen, aus der sich die kausalen Anforderungen an die Zuverlässigkeitsstruktur des Automatisierungssystems ableiten. Sie sind Bestandteil der AST. An dieser Stelle kann wegen der Komplexität der dabei zu lösenden Aufgaben lediglich auf die einschlägige Literatur verwiesen werden, z. B. /24/, /25/.

Die bisher beim Entwurf von PLS gewonnenen Erfahrungen lassen erkennen, daß die ökonomischen Auswirkungen nicht ausreichend begründeter Redundanzforderungen erheblich sind. Das im Bild 11 angedeutete Parallelsystem RED kann Kosten erfordern, die denen der betrachteten BSE nahekommen oder sie sogar übersteigen. Ein wesentlicher Grund für den Aufbau von Parallelsystemen liegt in der nicht gerechtfertigten Unterschätzung der Zuverlässigkeitseigenschaften von PLS-Komponenten. Im betrachteten Beispiel nach Bild 11 wäre deshalb zunächst auszuweisen, welches Kettenglied der Logikstruktur über die geringsten Zuverlässigkeitseigenschaften verfügt und damit zuverlässigkeitserhöhend auszulegen wäre.

Leiten sich aus den Zuverlässigkeitsanalysen erhöhte Anforderungen an die Funktionssicherheit des Automatisierungssystems ab (z. B. Sicherheits- und Schutzfunktionen, Parametertoleranzen, hohe Verfügbarkeit), so sind Redundanzkonzepte zu entwerfen (in Bild 11 als RED dargestellt). Entscheidungsaspekte für den Redundanzumfang sind u. a.:

- Richtlinien aus GAB-Anforderungen (Sicherheitsaspekt)
- Aufwendungen für das Redundanzkonzept im Verhältnis zu wahrscheinlichen Folgeschäden bei Systemausfällen (ökonomischer Aspekt)

- Einbeziehen der Meß- und Stellglieder, Energieversorgung, Umschalteinrichtungen, Umsetzrelais) in den Entwurf der Zuverlässigkeitsstruktur
- Einfluß der Reparaturdauer auf die Systemverfügbarkeit. audatec-Konfigurationen bestehen unter dem Aspekt der Zuverlässigkeit aus Strukturen mit reparierbaren Betrachtungseinheiten. Daraus ergibt sich, daß die Verfügbarkeit einer Funktionseinheit (z. B. BSE oder eines Kanals) maßgeblich durch die Reparaturzeit nach einem Systemausfall bestimmt wird. Der Betreiber beeinflußt die Ausfalldauer durch Qualifikation, Systemkenntnisse zur Fehlersuche, Wartung, Lagerhaltung entscheidend.
- örtliche Handeingriffsmöglichkeiten

Sind die Konzepte zur lokalen und funktionellen Dezentralisierung und zur Redundanz vereinbart, kann der Anlagenkonfigurator mit der Übersicht der funktionellen Systemgestaltung ergänzt werden (Funktionsprinzip nach Bild 1 b). Um die Darstellung nicht zu überlasten, wurde im vorliegenden Einsatzfall eine separate Übersicht gewählt. Bild 13 zeigt das Ergebnis. Es enthält die Funktions- und Raumebenen, in denen die (nach Anzahl noch überschlägig dimensionierten) Einrichtungen des Automatisierungssystems installiert werden.

4.2.2.3. Grobdimensionierung Prozeßleit- und Kommunikationsebene (Ebene 3)

Als Eingangsgrößen stehen auch hier die mit der AST übergebenen Funktionsanforderungen zur Verfügung.

Wartenrechnerfunktionen

Falls die AST noch keine Entscheidung über den Bedarf an WR-Aufgaben für übergeordnete Ebenen vorgibt, ist er in dieser Phase abzustimmen. Beim Entwurf des Systemkonzeptes wird zunächst davon ausgegangen, alle Funktionen einschließlich der Aufgaben für Bilanzierung, Protokollierung und Kennwertberechnung mit der konfektionierten audatec-Firmware zu lösen. Durch Einbeziehen von Softwarespezialisten (Bild 7, Phase 13) kann der Bedarf an Sondersoftware abgeschätzt werden. Erst darüber hinausgehende Funktionsanforderungen bedürfen der Erweiterung durch Koordinierungsebenen. Dabei ist festzulegen, wie die Leistungsanteile KE - WR, Modellbereitstellung, Programmierung, Hardwarekonfiguration in das Systemkonzept einbezogen werden. Die Lösung im betrachteten Einsatzfall wird im Abschn. 5. dargestellt.

Bedienkonzeption, Hardwarekonfiguration, Redundanzkonzept, Kommunikationsfunktionen

Der Entwurf der Bedienkonzeption und die dafür erforderlichen Hardwarekonfiguration leiten sich kausal aus den für den jeweiligen Prozeß und dessen Betriebsführung vorliegenden Bedingungen ab. Wegen des multivalenten Aufgabenprofils bei der Prozeßautomatisierung in allen Bereichen der Produktionstechnik verfügt der Projektant der Automatisierungsanlage im allgemeinen nur über geringe apriori-Kenntnisse in speziellen Anwenderbereichen. Die Vorgabe der Bedienkonzeption kann er deshalb gewöhnlich nur beratend

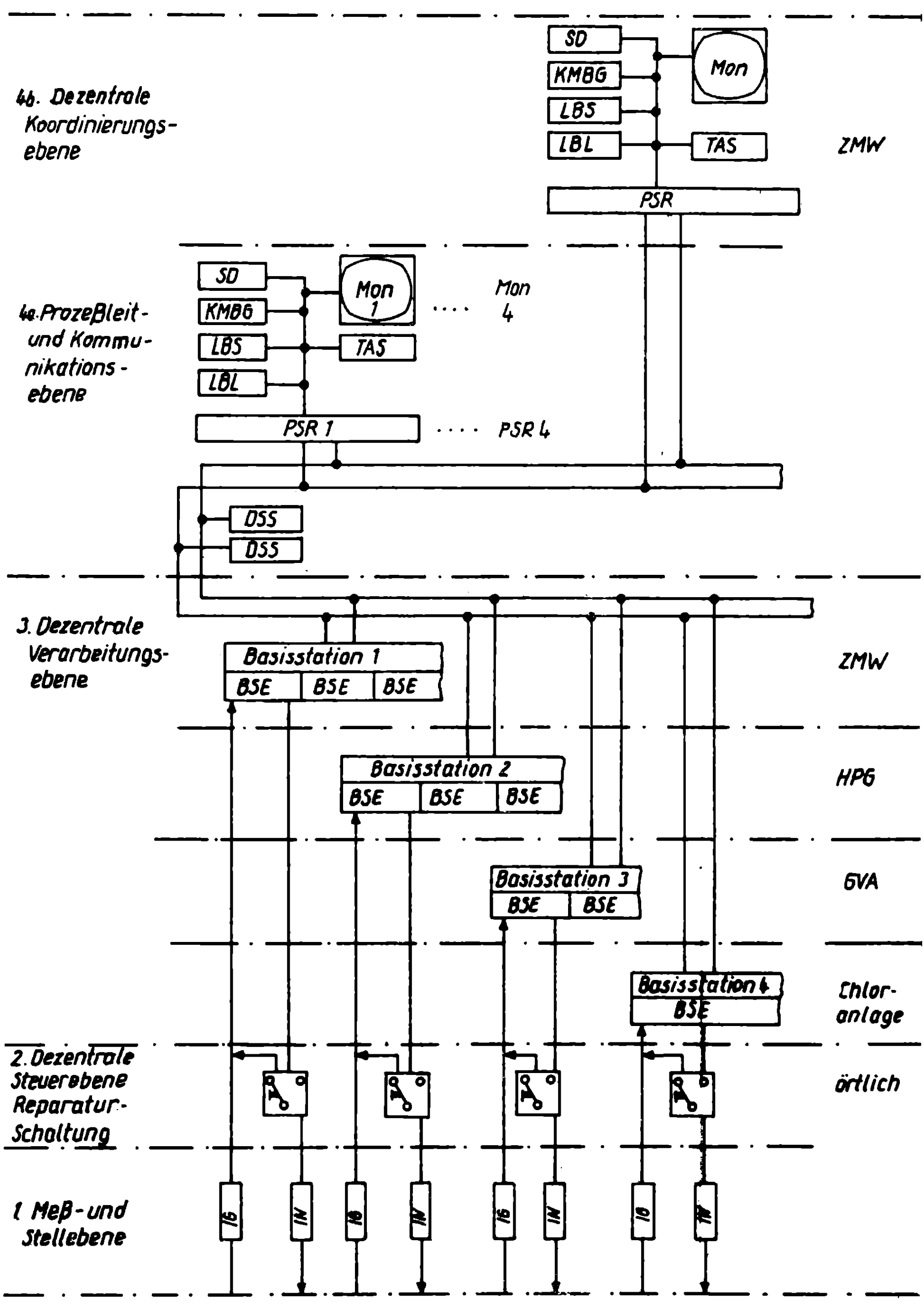


Bild 13 : Prinzip des hierarchischen Systemaufbaus

mitgestalten und dabei vorwiegend seine größeren Kenntnisse bei der audatec-Dimensionierung einbringen. Die aus der sequentiellen Arbeitsweise bei der Bildschirmkommunikation resultierenden Entwurfsprobleme sind in zahlreichen Arbeiten untersucht worden. Stellvertretend sei auf /26/ verwiesen.

Der Bedienkonzeption liegen im wesentlichen folgende Entscheidungskriterien zugrunde:

- Prozeßdekomposition und Zuordnung von Gesamtsystemen oder Teilsystemen (z. B. Verfahrensabschnitte) auf Fahrstände und Pulte (Ein-Mann-Arbeitsplätze!)

- Die daraus resultierende Beanspruchung des Bedienpersonals (Prozeßkomplexität, -dynamik) erfordert die beanspruchungsgerechte Gestaltung.

- Unmittelbar aus dem Prozeß determinierte Zuverlässigkeitsforderungen bestimmen die Anzahl redundanter Einrichtungen im Wartenbereich

- Belastung (Dimensionierung) des Leitsystems und dessen Funktionseinheiten. Sie können zur Unterlastung (Kostenerhöhung) oder Überlastung führen.

- Reservefestlegungen für einen späteren Systemausbau

- Anzahl der benötigten Fließbilddarstellungen

Die Grobdimensionierung der Fahrstände und Funktionseinheiten kann nach Tafel 5 und Bild 8 vorgenommen werden. Die Konzeption der funktionellen Hierarchie im behandelten Einsatzfall zeigen die Bilder 12 und 13. Dabei waren folgende Entscheidungsaspekte relevant:

- Der Verfahrensablauf eines großen Abwasserreinigungssystems läßt sich in die beiden Teilsysteme (Bild 2)

  . Abwasserbehandlung und Nebeneinrichtungen und
  . Schlammbehandlung und Nebeneinrichtungen

  unterteilen. Da eine Ein-Mann-Bedienung des Gesamtsystems mit 1000 KOMS in den konzeptionellen Überlegungen selbst unter dem Aspekt geringer dynamischer Beanspruchung als schwer beherrschbar erschien, wurden zwei Bildschirmarbeitsplätze konzipiert (Bild 14 und 15), denen das im Bild 1 c bereits vorgestellte Informationsdarstellungsprinzip zugrunde liegt. Für die normale Prozeßbeobachtung und -bedienung sind drei zueinander redundante Arbeitspulte (AP), ein Pult (FD) zur Fließbilddarstellung und ein spezielles Pult für Wartenrechnerfunktionen (WRD) vorgesehen.

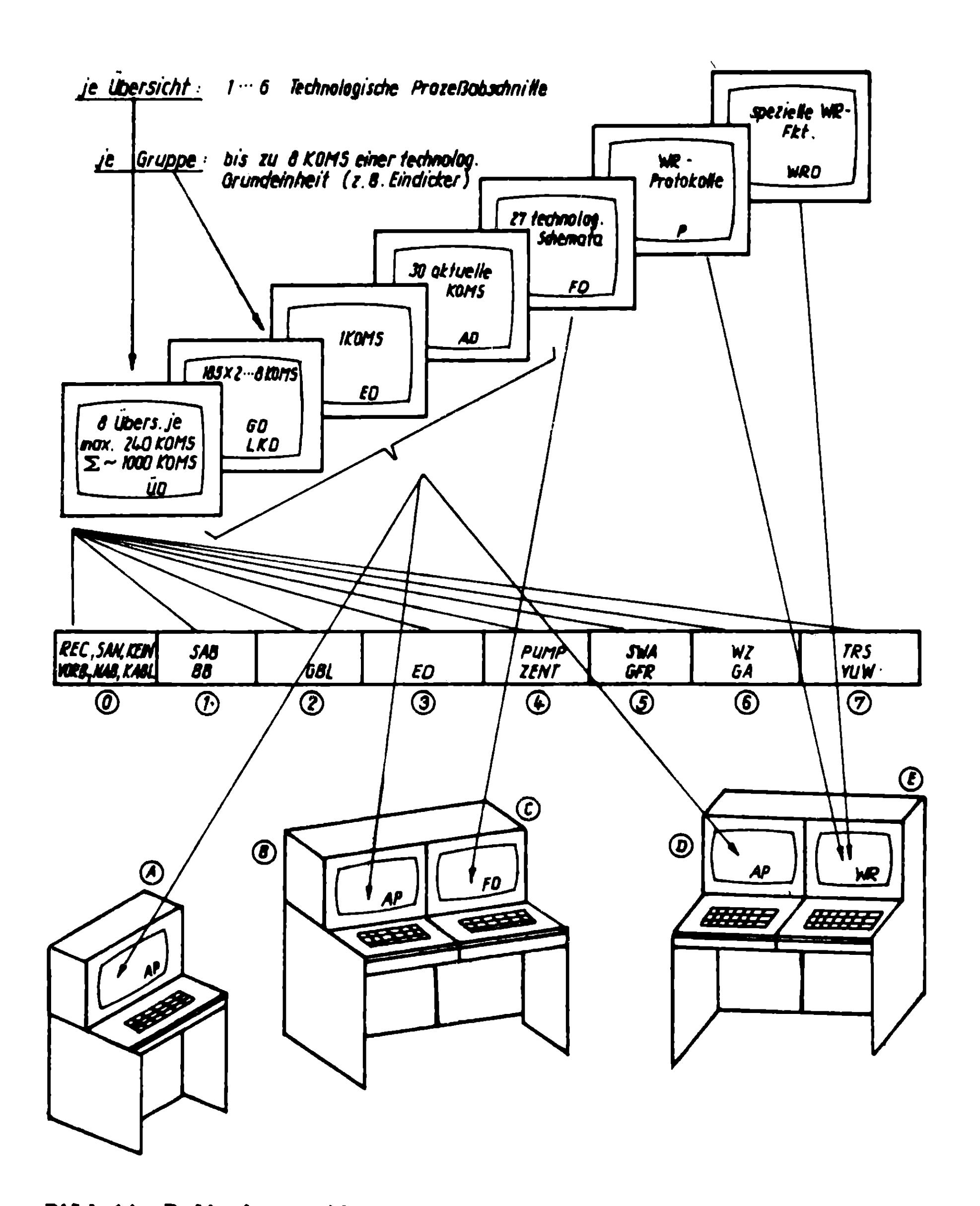


Bild 14: Bedienkonzeption

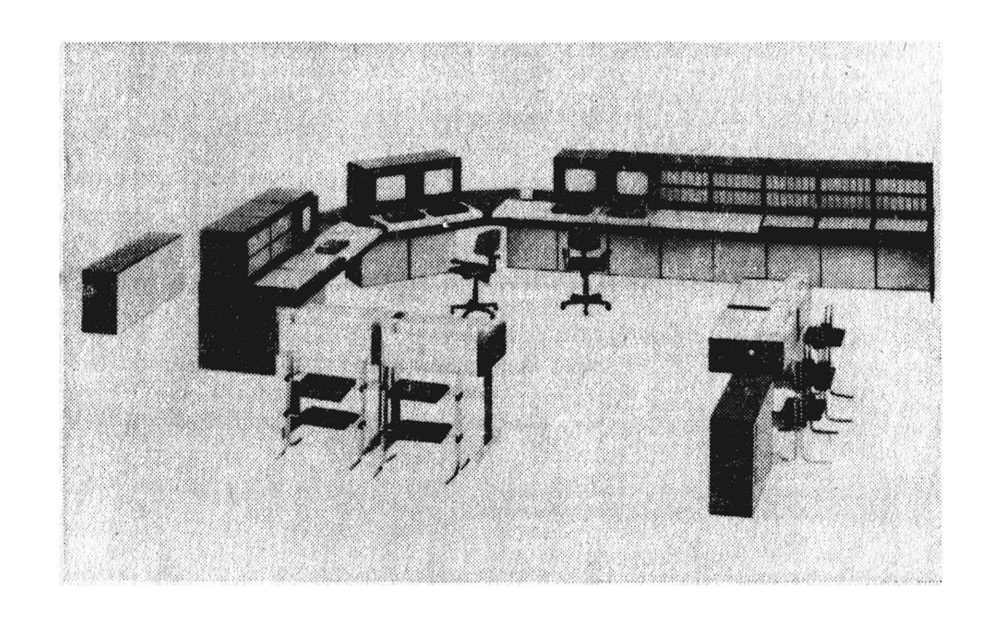


Bild 15: Modelldarstellung Prozeßleitstand (Foto: Ochlast)

Der Leitstand ist in fünf Arbeitsbereiche gegliedert

- Pulte A, B, C
  Prozeßführung Abwasserstrecke
- Pulte C, D Schlammbehandlung
- Pult E Wartenrechneraufgaben
- Gemeinsamer Dokumentationsbereich Seriendrucker
- Arbeitsbereich zur Prozeßführung ausgewählter Prozeßabschnitte mit konventionellen Einrichtungen.

Aufgabenteilung

- Für jedes Teilsystem ist ein Bedienplatz vorgesehen. Die Pulte B und C können gemeinsam genutzt werden (Alarmdarstellung, Fließbilddarstellung). Die Überschneidung der Bedienbereiche ermöglicht in komplizierten Prozeßsituationen (z. B. Anfahrprozesse, Umsteuerprozesse, Havariesituationen) eine weitere Aufgabenunterteilung. Die gewählte Bedienkonzeption läßt zugleich offen, die gesamte Anlage von einem Bedienplatz aus zu bedienen, wenn

die Einsatzerfahrung diese Möglichkeit bestätigt (Reduzierung der Nachtbesetzung).

- Die zur Weiterentwicklung (Vervollkommnung) bzw. Anpassung an den realen Prozeßverlauf durch Systemkommunikation dienenden Eingriffe erfordern detaillierte Kenntnisse sowohl über den Prozeß als auch über das audatec-System. Sie sind deshalb dem qualifizierten Bedienpersonal (Systemingenieur, Schichtingenieur) vorbehalten. Zu diesen Aufgaben gehören u. a.:
  - Neuordnung von Übersichts- und Gruppendarstellungen
  - Änderung von Meßstellenbezeichnungen aus dem Wörterbuchvorrat
  - Änderung von KOM-Block-Daten
  - Änderung von Algorithmen bei der Meßwertverarbeitung
  - Änderung von Steuerungsstrukturen bei binären Antriebssteuerungen
  - Korrektur der Steuerungsalgorithmen des Wartenrechners
  - Definition neuer KOMS aus vorhandenen Daten der Meßwerterfassung
  - Änderung bei der Zusammenstellung von Meßgrößen auf Protokollen.

Durch Freigabe über Schlüsseltaster können diese Aufgaben an den einzelnen Pulten ausgeführt werden.

Wegen des fortgeschrittenen Bauablaufs mußte die Auslegung des Prozeßleitstands im vorliegenden Einsatzfall bereits in der Automatisierungskonzeption detailliert vorgenommen werden. Als vorteilhaft hat sich dabei erwiesen, den späteren Betreiber in alle wichtigen Entscheidungen einzubeziehen.

4.2.3. Technisch-organisatorische und ökonomische Probleme (Ebene 4)

Investitionsabläufe im In- und Ausland sind in der Regel eng terminiert. Die Realisierung des bautechnischen Anlagenteils beginnt sehr häufig bereits vor Aufnahme der Ausführungsprojektierung anderer NAN. In der Automatisierungskonzeption müssen deshalb bereits auf der Basis der Grob-Dimensionierungsergebnisse weitere für den Investitionsablauf wichtige Informationen abgeleitet werden /15/:

- Abstimmungen zu Leistungsabgrenzungen, Versorgungsenergie, EMV-Maßnahmen, GAB-Konzeption, Reservebedarf
- Serviceleistungen des VEB GRW Teltow (Schulung, Qualifizierung)
- Einbeziehen des Betreibers in die weitere Investitionsabwicklung (Qualifikationsanforderungen, Mitarbeit an der Systemgestaltung)
- Bauangaben
- Höchstpreisangebot

Eine weitere Untersetzung der erforderlichen Aussagen enthält der Abschnitt 4.3.

4.3. Das Ausführungsprojekt

4.3.1. Koordinierungsaufgaben

Wie im Bild 7 b dargestellt, muß die Bearbeitung der Hardwareprojekte(Phase 9 , 10 , 11 in Bild 7) im Interesse des Terminablaufs der nachfolgenden Beschaffungs- und Fertigungsprozesse parallel beginnen. Das hier behandelte Automatisierungssystem war den AG in etwa 30 selbständige Teilsysteme untergliedert worden. Entscheidungsgründe für die Dekomposition waren:

- strukturelle Zuordnung auf Prozeßabschnitte
- Anpassung an die schrittweise Inbetriebnahme
- Zusammenfassen des audatec-Systems in einem selbständigen Auftrag

Die zweckmäßige Teilung schafft gute Voraussetzungen für die in Großsystemen auch notwendige Abwicklung kommerzieller Verrechnungsetappen.

Der auf einen zeitlich begrenzten Abschnitt konzentrierte Arbeitsaufwand kann in der Regel von einer einzelnen Projektierungsgruppe nicht bewältigt werden. Die Projektierungsaufgaben wurden deshalb auf mehrere Bearbeiterkollektive übertragen. Die Arbeitsteilung kann, wie die Erfahrung zeigt, auch über Betriebsgrenzen hinaus organisiert werden. Eine unerläßliche Voraussetzung ist die Aufgabenkoordinierung. Wesentliche Koordinierungsaspekte sind:

- Grundsatzfestlegungen zum Hardwareeinsatz
- Signalanpassung
- Problemlösungen für die Explosionsschutztechnik
- Schnittstellenfestlegungen
- Signalverzweigungen
- Verkabelungsstrategie
- Grundsatzfestlegungen zur einheitlichen Gestaltung der Auftragsdokumentation
- Abstimmungen zum notwendigen Umfang der EMV-Maßnahmen
- Ausführung der GAB-Nachweise

Ein anderes wichtiges Koordinierungsziel besteht darin, die von unterschiedlichen Bearbeitern und Kollektiven vorgelegten Lösungen nahtlos zu einer funktionsgerechten und überschaubaren Gesamtlösung zusammenzuführen.

4.3.1.1. Grundsatzfestlegungen zum Hardwareeinsatz

Die Fragestellung betrifft vorwiegend audatec-ergänzende Systeme für die Informationsverarbeitung und Einrichtungen im Wartenbereich, deren Substitution durch audatec-Hardware nicht möglich oder nicht empfehlenswert ist. Als Gründe für den Einsatz konventioneller Teillösungen kommen z. B. in Betracht:

- externe, außerhalb der BUS-Reichweite liegende Systeme

- untergeordnete Aufgaben (bei Systemüberlastung)
- Automatisierung technologischer Abschnitte, in denen die Sicherheitsanforderungen die örtliche Überwachung und Prozeßführung manuell vorschreiben (z. B. Auflagen Staatlicher Überwachungsstellen
- Redundanzsysteme
- Gefäßtechnik in Basisstationen und im Wartenbereich der Leitstände

Die ergänzenden Systeme sollten:

- dem Niveau eines PLS entsprechen
- die Lager- und Instandhaltung beim Betreiber erleichtern.

Im behandelten Beispiel wurde als Binärsteuerungssystem das System ursalog 4000 verwendet /18/. Seine Vorteile sind: geringes Bauvolumen und Kompatibilität zu Grundbaugruppen der BSE-Ausrüstung.

Im Wartenbereich wurden die aus den o. g. Aufgaben abgeleiteten MMK-Funktionen mit Einrichtungen des uCC-Systems realisiert.

4.3.1.2. Problemlösungen für die Explosionsschutztechnik

Die Schnittstelle zwischen den informationsverarbeitenden Einrichtungen des MRS K 1520 in den BSE' und dem Prozeß sind die Ein-/Ausgabebaugruppen der Basiseinheiten /19/. In der Systemkonzeption der E-/A-Baugruppen ist die Einbindung eigensicherer Signale nicht vorgesehen. Der Explosionsschutz wird deshalb BSE-extern durch Potentialtrennung in der prozeßnahen Ebene oder in den Prozeßkoppeleinrichtungen realisiert. Das dafür verfügbare Gerätesortiment enthält /20/. Erläuterungen zur Gestaltung von Prozeßkoppeleinrichtungen werden in Abschn. 4.3.3.4. gegeben.

4.3.1.3. Signalanpassung an das audatec-System

Aus den nach /15/ zur Auftragsdokumentation der AST gehörenden Unterlagen

- MSR-Stellenlisten
- Technologische Schemata
- Funktionsschemata
- Antriebslisten
- Schaltpläne
- Technische Beschreibung u. a.

muß am Beginn der Parallelarbeit der Projektierungsphasen 9 bis 11 (Bild 7 a) die Signalanpassung abgestimmt werden. Die mit dem audatec-System kompatiblen Signalpegel enthalten die einschlägigen Projektierungsvorschriften des VEB GRW Teltow sowie der KAB /20/. Tafel 6 gibt eine Grobübersicht. Zu berücksichtigen sind dabei alle durch den AG beigestellten Meß- und Stelleinrichtungen sowie die mit dem Elektrobetrieb (EEA) auszutauschenden Koppelsignale.

Modul	Pegel	Anz. Eingänge	Anz. Ausgänge	Anschlußpunkte Prozeßanschlußebene	max. Ltg-länge Geber - ursadat	Bemerkung/ Verwendung
AA-1K	0...10V; -10...+10V 0...5mA; 1...5mA; -5...+5mA; 0...20mA; 4...20mA	-	1	6	200 m	galvanische Trennung; Umschaltung auf externen Analogwert möglich
AA-5K	0...10V; -10...+10V; 0...5mA; -5...+5 mA	-	5	10	200 m	keine galvanische Trennung, Ansteuerung v. Stellantr. u. E. daher nicht empfohlen
AE-G	über Anpaßkarte 0...1 V über 2 St AE-E 0...1 V	8 48	- -	- -	- -	1)
[illegible]-E	über Anpaßkarten 0...1 V	24	-	-	-	1)
AE-AG	0...5mA; 0...10mA; 0...20mA 0...1 V; 0...10 V	8 8	- -	16 16	1000 m 500 m	1)
AE-PG	siehe Pkt. 2.3. Pt100, Widerstandsferngeber	4	-	16	500 m	
AE-EV	0...10mV; 0...20 mV; 0...50mV; 0...100 mV	4	-	8	500 m	1)
AE-TV	0...5mA; 0...10mA; 0...20 mA 0...1 V; 0...10 V	4 4	- -	8 8	1000 m 500 m	1); 30 mm Baubreite; hohe Gleichtaktunterdrückung; Eigensicherheit, realisierter Empfehlung: für Eigensicherh. Einsatz konvent. Bausteine
DAS-H	pot.-freie Kontakte max 60V Gs/Ws/0,4A/6 W	-	8	24	800 m	
DA-R	pot.-freie Kontakte max. 60V Gs/Ws/0,5 A/10 W	-	3x8	48	800 m	Kanäle 1 + 2 (je 8 Bit) sind byteweise als DAS oder DAD, Kanal 3 nur als DAS progr. DAD-Ausgabezeit: 10ms...6,8 s
DAS-KT	KTSE-Schaltkreise D 410 D	-	4x8	48	800 m	keine Potentialtrennung, vorzugsweise für Weiterverarbeitung in ursalog 4000
DA-O	pot.-frei Kontakte max. 60 V Gs/0,1 A/3 W	-	2x8	32	800 m	
DA-T	max. 60 V Gs/0,12 A/7,2 W	-	4x8	48	500 m	keine Potentialtrennung
ZA	je Zeitsignalausgang: 2 pot.-freie Kontakte max. 60 V Gs/Ws/0,5 A/10 W	-	4	40		maximal 4 Zeitsignalausgänge
DES	24 V, 48 V (TTL, 5 V, 12 V)	16	-	32	1000 m	Geberpegel TTL, 5V, 12V werden nicht empfohlen
DES-KT	KTSE-Schaltkreise D 410 D	4x8	-	32		keine Potentialtrennung, für große Entfernungen nicht empfohlen
DEM	24 V, 48 V	8x16	-	30	1000 m	
EIZ	12 V, 24 V, 48 V	4	-	18	1000 m	Impulszähler, ist wahlweise programmierbar: 4x 8 Bit 1x16 Bit + 2x8 Bit 1x24 Bit + 1x8 Bit 2x16 Bit 1x32 Bit

1) alle Pegel sind auch bipolar aufschaltbar

Tafel 6: Dimensionierung von Signalein- und -ausgängen bei audatec nach /21/

4.3.1.4. Schnittstellenkoordinierung

Abzustimmen sind dabei

- die für die Ein- und Ausgangssignale festgelegten Basisstationen
- Auswahl und Belegung von Rangierverteilern
- Auswahl und Belegung von audatec-Pulten mit konventioneller Technik in Leitständen
- Versorgungsenergiebereitstellung für die Außenkreise
- Abstimmung mit dem Elektrobetrieb

Rangierverteiler

Die Entscheidung über die Verwendung von Rangierverteilern muß u. U. bereits in der Automatisierungskonzeption getroffen werden. Prinzipiell gestattet die BSE das ungeordnete Anlegen von Signaleingängen. Eine Rangierung ist zwischen Prozeß- und Kartenanschlußfeld möglich. Das Aufstellen von Rangierverteilern ist jedooh dann erforderlich, wenn

- die Realisierungsabläufe zwischen EEA und AAB phasenverschoben sind
- eine schrittweise Inbetriebnahme vorgesehen ist
- back up-Systeme zu realisieren sind.

Eine ausführlichere Erläuterung zu diesen Problemen enthält der Abschnitt 4.3.3.4.

Versorgungsenergie für Außenkreise

Im audatec-System können Geberkreise BSE-intern oder -extern versorgt werden. Bei der Realisierung von Binärsteuerungsfunktionen muß die einzuschlagende Lösung bereits vor Aufnahme der Parallelarbeit an den einzelnen Projektteilen bestimmt werden.

Abstimmung mit dem Elektroenergieanlagenbau

Bei der Realisierung von Binärsteuerungsaufgaben sind unterschiedliche arbeitsteilige Lösungen möglich. Im vorliegenden Anwendungsfall wurde in der Automatisierungskonzeption vereinbart:

Leistungsgegenstand	Lieferumfang
Antriebe	EEA
Reparaturschalter	EEA
Steuerung	AAB
Verkabelung	EEA/AAB

Eine ausführliche Darstellung der dabei auftretenden Probleme enthält /22/. Die Bilder 16 und 17 zeigen zwei Beispiele von Abgrenzungsvereinbarungen bei der Steuerung von Ein- und Zweirichtungsantrieben:

- Die Steuerungsfunktionen werden in den BSE' bzw. mit u-4000-Baugruppen des konventionellen back-Up-Systems realisiert

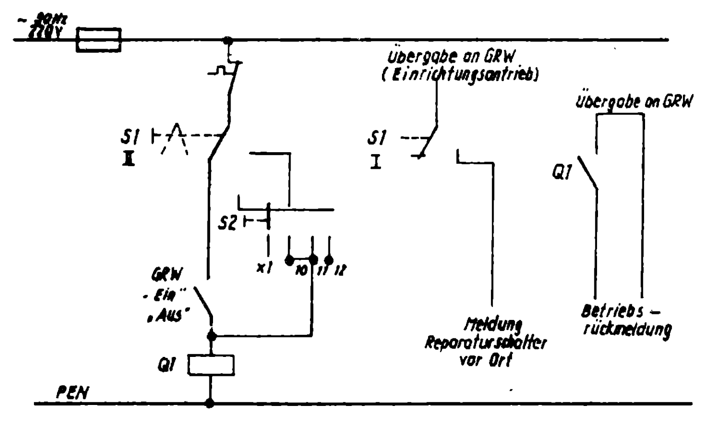


Bild 16a: Stromlaufplan Leistungsabgrenzung zur Ansteuerung von Einrichtungsantrieben

~ 50Hz 220V

b5.1

Übergabe an GRW (Zweirichtungsantrieb)

b6 b8.1 b9

b7.1

S1 „Fern" „vor Ort"

S1 II S1 II S1 I

Meldung Rep.-schalter vor Ort

S3 I S3 II

GRW „Halt" K8 S4 I Q1 GRW „Halt" K8 S5 II Q2

b7.2 „Auf" b8.2 „Zu" Q1 Q2

GRW Auf K7 Q1 S5 I GRW „Zu" K9 Q2 S4 II

Q2 Q1

Stellungsrückmeldung Laufkontrolle „Auf" „Zu"

Q1 Q2

PEN

Bild 16b: Stromlaufplan Leistungsabgrenzung zur Ansteuerung von Zweirichtungsantrieben

- Als Schnittstelle zwischen beiden NAN werden Übergabeverteiler in den Basisstationen festgelegt (vergl. Bild 21)
- Durch die EEA werden sämtliche aus dem eigenen Einrichtungsumfang zur Steuerung oder Kommunikation benötigten Signale (binäre Statussignale, Endstellungen, Analogsignale) am Übergabeverteiler bereitgestellt
- Sämtliche Signale sind in die EMV-Maßnahmen einzubeziehen
- Die Schützansteuerungen werden aus der Automatisierungsanlage potentialfrei über Relog-Relais 2 RH 01 ausgegeben. Die Nennausschaltparameter betragen: 220 V, cos φ 0,4, 1,0 A. Zur Ansteuerung größerer Leistungsschütze muß das Steuersignal auf EEA-Seite umgesetzt werden.

Im Bild 16 ist die Verschaltung der Reparaturschalter mit den Antriebsschützen, den Ansteuerkontakten bzw. Schützkontakten sowie die Rückmeldung an die MSR-Anlage dargestellt.

Die Steuerbefehle "AUF"/"ZU" werden msr-seitig durch die Relaiskontakte K 7 bzw. K 9 und im Reparaturschalterbetrieb durch die Taster S 4 bzw. S 5 ausgeführt. Der Steuerbefehl "HALT" wird msrseitig mit dem Relaiskontakt K 8 und im Reparaturfall mit dem Taster S 3 gegeben. Die Umschaltung audatec/back up ist mit einem Schlüsseltaster realisiert Bild 17 zeigt die Wirkungsweise der audatec/back up-Umschaltung.

4.3.1.5. Signalverzweigungen

Die Mehrfachnutzung von Ein- oder Ausgangssignalen durch verschiedene Einrichtungen des Automatisierungssystems erfordert den Aufbau von Signalverzweigungen. Beim Entwurf strukturredundanter Funktionen ist dabei der Zuverlässigkeitsaspekt zu beachten (bei Ausfall eines gemeinsam genutzten Meßfühlers z. B. fällt auch das redundante System aus). Bei der Signalverzweigung muß das Zusammenwirken zwischen den Projektteilen koordiniert werden.

Binärsignalverzweigungen

Sie werden ein- und ausgangsseitig durch Umsetzrelais realisiert.

Analogsignalverzweigungen (Bild 18)

Analogsignalverzweigungen

- Die Verzweigung von Analogeingängen erfordert die Parallelschaltung einer Leuchtemitterdiode
- Analogeingaben Aktive Geber (AE - AG) gestatten die Reihenschaltung von lediglich zwei Verarbeitungsfunktionen (Gleichtaktunterdrückung). Weitere Signalnutzung erfordert eine Trennverstärkung.

Bild 18 zeigt das Beispiel einer Analogsignalverzweigung.

Umschalter audatec/back-up Schlüsseltaster auf back-up Pult	Ansteuerkontakte					
	AUF		HALT		ZU	
	von audatec	von back-up	von audatec	von back-up	von audatec	von back-up

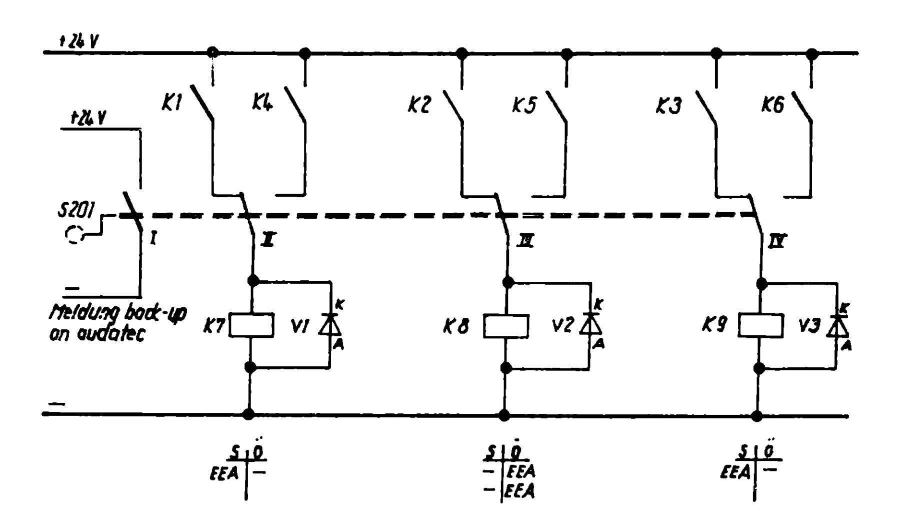


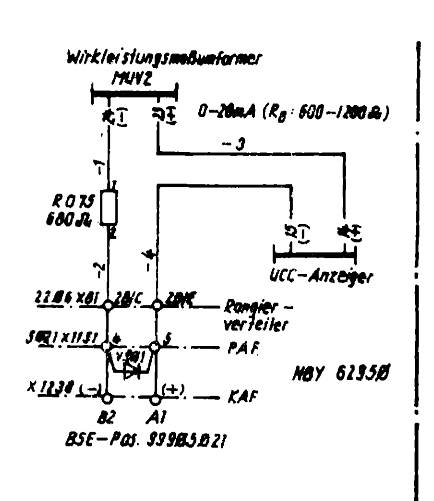
Bild 17: Stromlaufplan Betriebsartenumschaltung audatec/back up für einen Zweirichtungsantrieb

4.3.1.6. Verkabelungsstrategie

Der Verkabelungsstrategie kommt in großen Systemen erstrangige Bedeutung zu. Die zunächst ohne Rücksicht auf die komplexen Verflechtungen in Einzelschritten bearbeiteten Teillösungen müssen in eine geordnete Verkabelungsstrategie überführt werden.

Zu berücksichtigen sind dabei:

- die Zusammenfassung zu einem gemeinsamen Kabel- und Trassenprojekt der Außenanlage
- das Einhalten von EMV-Maßnahmen (Abstände zu Störquellen, Leitungsabschirmung, Bündelung, ökonomische Trassenführung)
- die Zusammenfassung aller Verkabelungsaufgaben für Unterverteilungen im Bereich der Zentraleinrichtungen und zwischen verschiedenen Basisstationen und ZER konventioneller Informationsübertragung



Wirkleistungsmessung	Reserve
NBY 62950	
3. 14. Ø35	

PAF	5021 X 1151	4	3		
KAF	Kl - Nr.	A1 (+)	B2 (–)	A4	A5
	Pl. - Nr.	X 1238 / A09			
AE-Karte	Typ / Pos. / KAB - Nr.	AE - AG / 262/52 0-20 mA			
	Kanal	Ø	1		

BSE-Pos. 999B5Ø21

Bild 18: Signalverzweigung Wirkleistungsmessung

18 a Funktionsschaltplan   18 b Stromlaufplan Eingangsbeschaltung AE-Karte

- das Verlegen und die geordnete Kabelablage für später hinzukommende Anlagenteile
- die Abstimmung mit dem AG und den übrigen NAN

Im vorliegenden Einsatzfall mußte die Verkabelung von Haupttrassen wegen anschließender Überbauungen bereits in der ersten Ausbaustufe realisiert werden. Die Koordinierung der Verkabelungsaufgaben ist zweckmäßigerweise einem Bearbeiter zu übertragen.

4.3.1.7. Grundsatzfestlegungen zur einheitlichen Gestaltung der Projektdokumentation

Trotz des inzwischen im AAB erarbeiteten dichten Netzes von Projektierungsvorschriften /23/ ist die Zahl der Freiheitsgrade bei der Lösung von Automatisierungsaufgaben und der Gestaltung der Projektdokumentation groß. In großen Anlagen ist es im Interesse des Systemüberblicks sowohl für die Projektierung als auch für die Realisierung unerläßlich, Dokumentationsgrundsätze vorzugeben. Wesentliche Vorgaben sind:

- Jedem Projekt oder Teilprojekt muß ein Überblick über die zum Gesamtsystem gehörende Dokumentation vorangestellt werden
- Der Textteil muß eine Kurzfassung der Funktion des Teilsystems und Hinweise auf Schnittstellen enthalten
- Verweise auf Standorte von auftragsbezogenen oder gemeinsam genutzten Zentraleinrichtungen

- Systematisierung der Bauteilpositionierung
- einheitliche Gestaltung von Zeichnungsschriftköpfen
- einheitliche Gestaltung inhaltlicher Darstellungsformen bei
  . Funktionsschemata
  . Funktionsschaltplänen
  . Stromlaufplänen
  . Strukturplänen u. a.

Dabei kommt es vorrangig auf die einheitliche Gestaltung der Schnittstellen besonders solcher Unterlagen an, die im Rahmen des arbeitsteiligen Ablaufes zwischen Bearbeitern ausgetauscht werden müssen. (Beispiel: Bild 28)

4.3.1.8. Maßnahmen zur Gewährleistung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) in audatec-Anlagen

Grundsätze

Unter elektromagnetischer Verträglichkeit wird die Eigenschaft eines elektrischen Systems verstanden, seine Funktionszuverlässigkeit in einem Umfeld komplexer elektromagnetischer Störeinflüsse beizubehalten.

Bei der Prozeßdatenverarbeitung mit mikroelektronischen Einrichtungen des Systems audatec kann es wegen der zum Teil unvermeidbaren engen wechselseitigen Verflechtung mit systemeigenen Störquellen und mit dem Starkstromteil der Anlage unter den Bedingungen hoher räumlicher Konzentration elektrotechnischer Anlagen zu Störbeeinflussungen unterschiedlicher Art kommen.

Die Funktionszuverlässigkeit ist deshalb nur erreichbar, wenn die EMV als ein wichtiges Entwurfsziel von Anfang an in die Systemplanung einer audatec-Anlage einbezogen wird.

Ursachen der Störsignalbeeinflussung

- die an audatec-Einrichtungen angrenzende Starkstromteile der Anlage können die zulässigen Fremdfeldbeeinflussungen überschreiten
- dauernd oder zeitweilig auftretende vagabundierende Erdströme können Störungen durch Erdschleifen verursachen
- auf den teilweise langen Signalleitungen zwischen Gebern und Empfängern und den audatec-Basiseinheiten können Störsignale unterschiedlicher Herkunft eingekoppelt werden
- als besonders kritisch sind solche steilen Störsignalimpulse anzusehen, wie sie z. B. beim Schalten von Antrieben, mechanischen Schaltkontakten, Relais, Schützen, Leuchtstofflampen und Thyristoren auftreten können.

Richtlinien zur Gewährleistung der EMV in audatec-Anlagen

Grundsätze

Zur Gewährleistung der EMV werden eine Reihe von Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung von Störsignaleinflüssen ergriffen.

Systemeigene Maßnahmen

Hierzu gehören symmetrischer Signalkreisaufbau, analoge bzw. digitale Filterung, geeignete Wahl der Nutzsignale.

Anlagenspezifische Maßnahmen

- Abschirmung gegenüber Fremdfeldern
- Erdung, Potentialausgleich
- Potentialgruppentrennung
- Verdrillen und Abschirmen der Signalleitungen
- Leitungsführung mit ausreichendem Abstand zu Störquellen

Art und Umfang der anzuwendenden Maßnahmen hängt von den Gegebenheiten der einzelnen technologischen Anlage ab und ist spezifisch festzulegen. Die anzuwendenden Maßnahmen gelten

- für die Aufstellung von audatec-Einrichtungen in Basisstationen und Fahrständen
- für alle Signalkreise zwischen den örtlichen Gebern und den Basisstationen sowie allen Signalübertragungsleitungen zu parallel oder in Reihe geschalteten analogen Signalempfängern.

Aufstellungsbedingungen

- audatec-Basisstationen und -Fahrstände sind Gebäude der Ausführungskategorie AK 1 gemäß TGL 33 373/01. Sie sind grundsätzlich in Bauwerken zu errichten, in die ein Fundamenterder eingebracht ist (TGL 33 373/01).
- Das audatec-System darf einem magnetischen Gleichfeld von höchstens 400 $A\ m^{-1}$ und einem Wechselfeld 50 Hz von höchstens 140 $A\ m^{-1}$ ausgesetzt werden.
- Die elektrische Feldstärke darf unter Annahme von Fernverhältnissen höchstens

  1000 $V\ m^{-1}$ bei 0 ... 100 Hz
  2,5 $V\ m^{-1}$ bei 0,1 ... 30 MHz
  1,5 $V\ m^{-1}$ bei 30 ... 800 MHz

  betragen.

Einhalten von Störabständen

Auf der Grundlage der TGL 200-0605 ist eine wichtige EMV-Maßnahme die Einhaltung von Störabständen. Im VEB GRW Teltow ist diese TGL in der Projektierungsvorschrift PV 31-13-02 "Potentialtrennung" untersetzt /23/. Die im System audatec auftretenden störspannungsempfindlichen Signal- und Versorgungsspannungen gehören der Potentialgruppe 3 an. Der einzuhaltende Störabstand zu Energieleitungen

bis 1000 V beträgt 300 mm. In der betrachteten Anlage wurden darüber hinaus an kritischen Näherungsstellen folgende Festlegungen getroffen:

- Potentialtrennung in Klemmenkästen
  Informations- und Steuer- bzw. Leistungsanschlüsse werden in getrennten Klemmenkästen verdrahtet.

- Anschluß von Reparaturschaltern
  Die Schalter sind mit einem separaten Einführungsstutzen für die abgeschirmten Informationsleitungen auszustatten. Die Leitungsführung erfolgt an den Abschnitten, die eine Annäherung < 300 mm mit Starkstromleitungen unvermeidlich macht, (vom Schalter bis zum Fußbodenbereich) in Stahlpanzerrohr. Das Staparohr ist einseitig zu erden. Die weitere Leitungsführung ist mit 300 mm Abstand zu gewährleisten.

- Verlegung auf den ISA-Gerüsten
  Die abgeschirmten Informationsleitungen sind am Schützabgang sofort zu trennen, gemeinsam zu bündeln und in größtmöglichem Abstand von Starkstromleitungen zu führen.

- Leitungsführung außerhalb der Gefäße im Stelzenfußboden
  Es ist eine gezielte Trennung der Informations- und Starkstromleitungen vorzunehmen. Die Verlegung darf auf keinen Fall durch wahlloses Einwerfen in den Stelzenfußboden erfolgen, sondern mit Abständen fixiert.

- Abstand von 6 kV-oder 10 kV-Systemen
  Die Verlegung erfolgt auf getrennten Trassen im Abstand von 2 m

- Kreuzungen zu Potentialen > 1 kV
  Die Kreuzungen sind rechtwinklig mit einem Abstand von 1,5 m auszuführen.

<u>Abschirmung der Signalleitungen</u>

Abschirmungen sind galvanisch, induktiv oder kapazitiv miteinander verbundene elektrisch oder magnetisch leitfähige Teile einschließlich ihrer Zuleitungen, die zur Störunterdrückung dienen.

Für sämtliche an audatec-Einrichtungen anzuschließende Prozeßsignale sind geschirmte und verdrillte Signalleitungen zu verwenden. Die Prozeßkabelschirme müssen isoliert sein.

Geeignetes Schirmmaterial ist:

- umwickeltes Metallband
- Drahtgeflecht (Cu oder Al)

In der Nähe besonders starker Magnetfelder (z. B. Trafostationen, Elektrolyseanlagen, Induktionsöfen) wird das Einziehen der geschirmten Leitung in Staparohr oder das Legen in Blechkabelkanälen empfohlen (Doppelschirmung). Das Stahlpanzerrohr und die Kanäle sind einseitig zu erden.

Erdung des Prozeßkabelschirmes

Sämtliche Leiterschirme sind zur Ableitung der über den Schirm fließenden Störströme einseitig zu erden.
In audatec-Anlagen werden folgende Schirmerdungsmaßnahmen angewendet:

- Erdung von Analog-Eingabe-Signalen
  Die isoliert verlegten Prozeßkabelschirme der Analog-Eingabe-Signale werden am Meßort aufgelegt und mit dem örtlichen Anschluß der Erdungsanlage verbunden. Zur Vermeidung von Erdschleifen sind die Schirme am Ubergabeort der ZER (Basisstation) zu isolieren.

- Erdung von Digital-Eingabe-Signalen
  Die isoliert verlegten Prozeßkabelschirme der Digital-Eingabe-Signale werden an der jeweiligen ZER (Basisstation) aufgelegt.
  Zur Vermeidung von Erdschleifen sind die Schirme am Meßort zu isolieren.

- Erdung von Analog-Ausgabe- und Digital-Ausgabe-Signalen
  Die isoliert verlegten Prozeßkabelschirme der Analog- und Digital-Ausgabesignale sind vorzugsweise an der BSE aufzulegen.
  Zur Vermeidung von Erdschleifen sind die Schirme am Zielort zu isolieren.

- Anschluß an den zentralen Erdpunkt
  Das Schutzschirmpotential (Common) und das Mikrorechnerpotential (Mikrorechner-Common) sind auf kurzem Weg voneinander isoliert auf den bauseitig bereitzustellenden zentralen Erdpunkt im jeweiligen ZER-Raum (Basisstation, Fahrstand) zu führen.

Der zentrale Erdpunkt wird durch den Elektrobetrieb im Meßwartennebenraum von Fahrständen und in Basisstationen bereitgestellt.
Der zentrale Erdpunkt ist durch den Elektrobetrieb mit dem Potentialausgleichsystem des Gebäudes und den Anschlußfahnen des Fundamenterders zu verbinden.

Bild 19 zeigt die Einbindung des Leitstandes (Basisstation 1) und dessen audatec-Einrichtungen in das Potentialausgleichssystem der Anlage.

4.3.1.9. GAB-Konzeption

Die durchgängige Gewährleistung der Schutzgüte bei Anlageninvestitionen ist eine auf der Basis der Arbeitsschutzverordnung ASVO, GBl. I, Nr. 36/77 und weiterer geltender Rechtsverordnungen und betrieblicher Regelungen einzuhaltende Pflicht. Die Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutzkonzeption (GAB) ist deshalb Bestandteil aller Projektteile. Durch die arbeitsteilige Trennung der Automatisierungsaufgaben in die Bearbeitungsschritte Automatisierungskonzeption, konventioneller Anteil und audatec-Anteil müssen auch die aus den GAB-Verpflichtungen abzuleitenden Aufgaben sowohl anteilig als auch komplex gelöst werden. Basis der GAB-Anforderungen ist die AST des AG. Hier sind besonders der Hinweis auf spezielle verfahrensbezogene Vorschriften und die Vorgabe von Aufgaben für

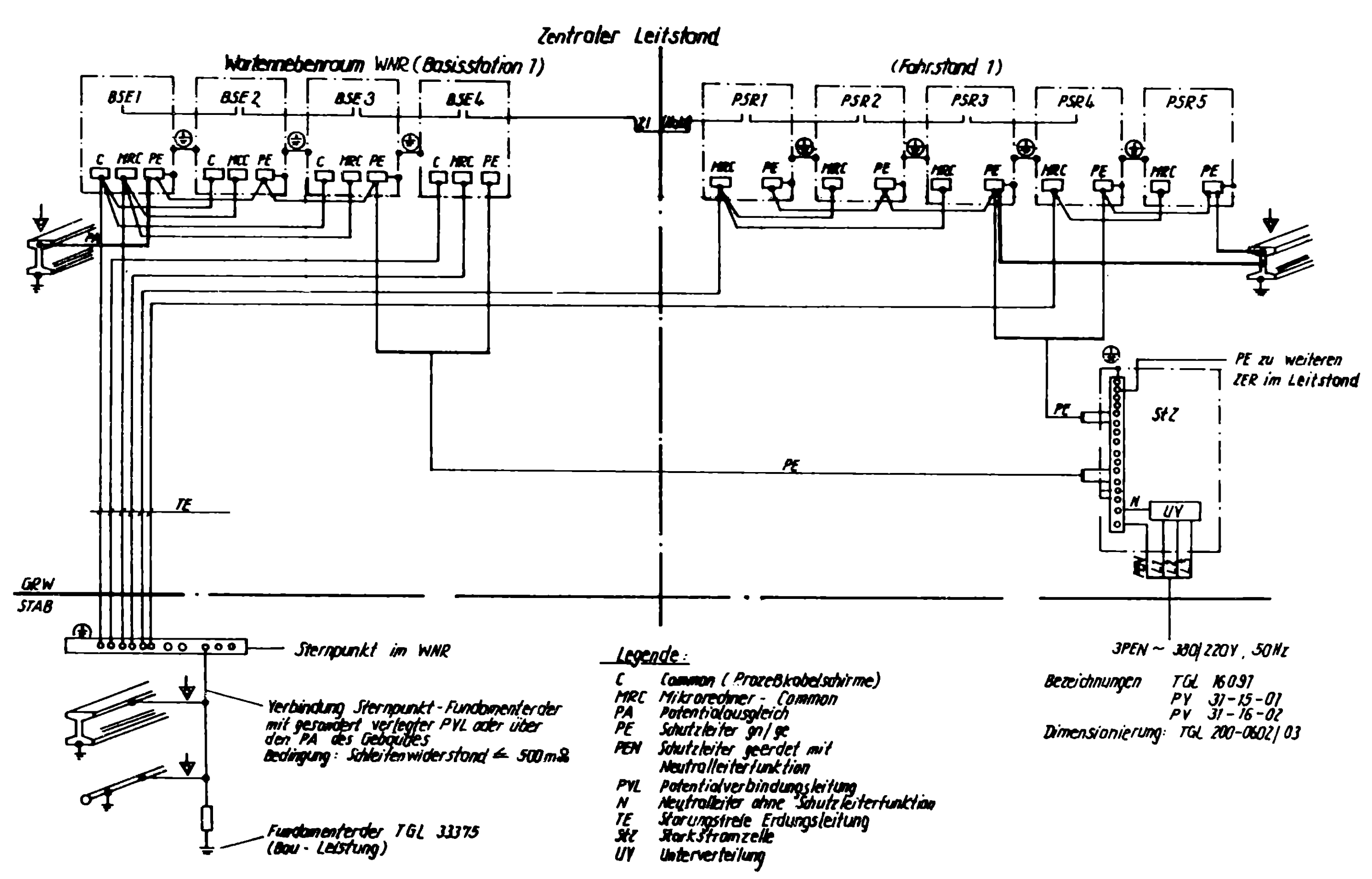


Bild 19: EMV-Maßnahmen Basisstation 1

die Prozeßsicherung wichtig. Ihre Zielstellung ist, dem Auftreten gefährlicher Prozeßzustände durch automatisches Eingreifen in den technologischen Prozeß über Abschalt- und Verriegelungssteuerungen entgegenzuwirken.

Im betrachteten Einsatzfall wurden die aus den GAB-Verpflichtungen abgeleiteten Aufgaben (Auswahlbeispiele) nach dem unten aufgeführten Schema gelöst. Als Entwurfshilfe dient neben den AST-Unterlagen das vom VEB GRW Teltow in /23/ herausgegebene Leitschema zur Gewährleistung der Schutzgüte.

Gefährdungsursachen	Aufgabe	Realisierung durch	Maßnahmen, beschrieben im Projektteil
erkennen; Gesamtübersicht verschaffen	Übersicht über die anzuwendenden GAB-Konzepte erarbeiten		Automatisierungskonzeption
Umgebungsbedingungen	Korrosionsschutz	Einsatzklasse Schutzgrad Werkstoffe	konventionelle Projekte
Elektroenergie	Berührungsschutz	Schutzmaßnahmen nach TGL 200-0602	alle Projekte
Elektroenergie	Störspannungsschutz	EMV-Maßnahmen TGL 200-0605 u. a. (vergl. Abschn. 4.3.1.8.)	alle Projekte
Falsche Schaltfolgen bei Förderbändern	funktionsgerechten Ablauf gewährleisten	Steuerungsablauf nach Anfahr- und Signalordnung TGL 12 468; Stetigförderer TGL 30 550	back up-Projekte; audatec-Projekt
Explosionsgefahr	Explosionsschutz	Einsatz explosionsgeschützter Betriebsmittel nach TGL 200-0621	konventionelle Projekte
Betriebsmedien	Berührungsschutz gefahrloses Ableiten	Isolation Einbinden in Slop-Systeme	konventionelle Projekte
Fehlbeanspruchung in Warten und im Leitstand	Wartengestaltung von Bildschirmwarten	anforderungsgerechte Bedienkonzeption und blendfreie Beleuchtung gemäß Projektierungsvorschrift /23/	audatec-Projekt
Komponentenausfall im Automatisierungssystem	Verhindern gefährlicher Fehlfunktionen	Alarmierung, Verharren im sicheren Zustand, Überwechseln in einen anderen sicheren Zustand, Umschalten auf ein redundantes Teilsystem 1)	back up-Projekte, audatec-Projekt

Jede Projektdokumentation enthält einen GAB-Nachweis mit Angabe der im zugehörigen Aufgabenbereich gewählten Lösungen. Eine Zusammenfassung der Gesamtlösungen unter komplexer Sicht der Gesamtanlage im audatec-Projekt ist zweckmäßig.

[1] Das Verhindern gefährlicher Fehlfunktionen durch Komponentenausfall im Automatisierungssystem erfordert bei einem PLS im Vergleich zu konventionellen Systemen andere Sicherheitskonzeptionen. Die grundlegenden Unterschiede im Systemverhalten sind:

<u>konventionelles System:</u>

Jeder Meß-, Steuer- oder Regelkanal wird in der Regel durch einzelne vorangepaßte nur diesem Kanal zugeordnete Einrichtungen automatisiert. Die Automatisierungsfunktionen werden parallel und nahezu verzögerungsfrei abgearbeitet. Bei Ausfall der Steuereinrichtung (z. B. Relais) geht das gesteuerte technologische Objekt (z. B. Motor, Stellglied) in eine projektierte gefahrlose Endlage über z. B. AUF, HALT, ZU. Dem Automatisierungssystem wird ein Sicherheitsverhalten im Sinne von "fail-safe"-Verhalten zugeschrieben.

<u>Prozeßleitsystem:</u>

Die Automatisierungsfunktionen aller einer BSE zugeordneten MSR-Kanäle werden zeitlich nacheinander (sequentiell) im Zyklus $\geq$ 1/3 s abgearbeitet. Trotz der Dezentralisierung der Verarbeitungsfunktionen auf eine unterschiedliche BSE-Anzahl verarbeitet eine einzelne BSE 80 ... 120 oder mehr Meß-, Steuer- oder Regelkreise. Ein BSE-Ausfall wirkt sich damit auf eine größere Anzahl von MSR-Kreisen aus. Der Ausfall kann nicht allein durch Netzunterbrechung, sondern auch durch Softwarefehler verursacht werden. Daraus ist, wie bereits im Abschn. 4.2.2.2. behandelt, zu schlußfolgern, daß die Auswirkung von Fehlfunktionen und die daraus abzuleitenden Sicherheitsmaßnahmen von der konkreten Prozeßsituation abhängen. Im System audatec sind Sicherheitsmaßnahmen im Sinne von "fail-safe"-Verhalten für den Fall der Netzunterbrechung projektierbar (Beispiel: Abschn. 4.3.3.2.).

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen (Teil A)

AA	Automatisierungsanlage
AAB	Automatisierungsanlagenbau
AD	Alarmdarstellung
AG	Auftraggeber
AS	KOMS-Grundtyp analog - stetig
AST	Aufgabenstellung
BA	KOMS-Grundtyp binär Aggregat
BDT	Bedientastatur
BG	KOMS-Grundtyp binärer Geber
BM	Basismodul
BP	Bedienpult
BSE	Basiseinheit
BSE-R	Basiseinheit Reserve
DP	Datenperipherie
DSS	Datenbahnsteuerstation
ED	Einzeldarstellung
EEA	Elektroenergieanlagenbau
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
FB	Fließbild
FD	Fließbilddarstellung
FE	Funktionseinheit
FS	Fahrstand
GAB	Gesundheits-, Arbeits-, Brandschutz
GD	Gruppendarstellung
GVA	Großverbundanlage
IBG	Inbetriebnahmegerät
KAB	Katalog Automation Bauteile
KAPV	Katalog Automation Projektierungsvorschriften

KAS	Katalog Automation Software
KE-WR	Koppeleinheit Wartenrechner
KMBG	Kassettenmagnetbandgerät
KOMS	Kommunikationsstelle
LBL	Lochbandleser
LBS	Lochbandstanzer
LKD	Leit-KOM-Darstellung
MMK	Mensch-Maschine-Kommunikation
Mon	Monitor
MR-AS	Mikrorechner-Automatisierungssystem
MRS	Mikrorechnersystem
NAN	Nachauftragnehmer
NSA	Niederspannungsschaltanlage
PLS	Prozeßleitsystem
PSR	Pultsteuerrechner
PV	Projektierungsvorschrift
SD	Seriendrucker
TAS	Tastatur
ÜD	Übersichtsdarstellung
WNR	Wartennebenraum
WR	Wartenrechner, Wartenraum
WRD	Wartenrechnerdarstellung
ZMW	Zentrale Meßwarte

Tafelübersichten (Teil A)

Bildübersichten

Literaturverzeichnis

Im Heft B enthalten